

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2003 年 12 月 31 日 (31.12.2003)

PCT

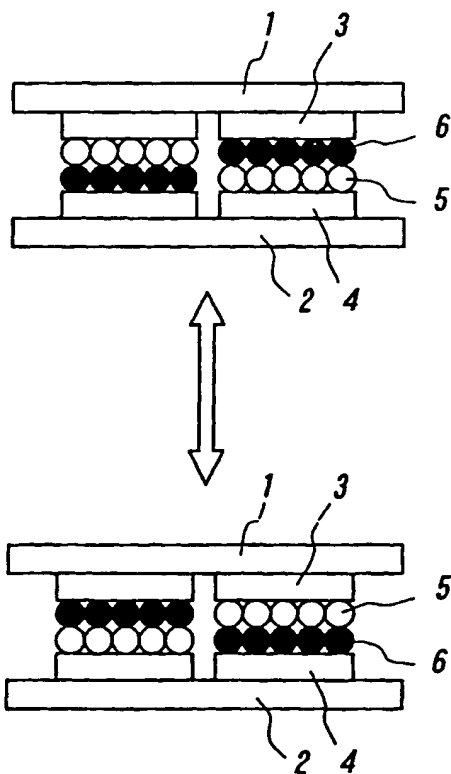
(10) 国際公開番号  
WO 2004/001498 A1

(51) 国際特許分類 <sup>7</sup> :	G02F 1/167, 1/17	特願2002-213992	2002 年 7 月 23 日 (23.07.2002)	JP
		特願2002-364895		
(21) 国際出願番号:	PCT/JP2003/007892		2002 年 12 月 17 日 (17.12.2002)	JP
(22) 国際出願日:	2003 年 6 月 20 日 (20.06.2003)	特願2002-364899		
			2002 年 12 月 17 日 (17.12.2002)	JP
(25) 国際出願の言語:	日本語	特願2002-364755		
			2002 年 12 月 17 日 (17.12.2002)	JP
(26) 国際公開の言語:	日本語	特願2002-364905		
			2002 年 12 月 17 日 (17.12.2002)	JP
(30) 優先権データ:		(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会		
特願2002-182041	2002 年 6 月 21 日 (21.06.2002)	社 ブリヂストン (BRIDGESTONE CORPORATION)		
特願2002-182042	2002 年 6 月 21 日 (21.06.2002)	[JP/JP]; 〒104-8340 東京都中央区京橋 1 丁目 10 番		
特願2002-197185	2002 年 7 月 5 日 (05.07.2002)	1 号 Tokyo (JP).		
特願2002-197332	2002 年 7 月 5 日 (05.07.2002)			
特願2002-200125	2002 年 7 月 9 日 (09.07.2002)	(72) 発明者; および		
特願2002-200126	2002 年 7 月 9 日 (09.07.2002)	(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 櫻井 良 (SAKU-		
特願2002-213990	2002 年 7 月 23 日 (23.07.2002)	RAL,Ryou) [JP/JP]; 〒185-0003 東京都国分寺市戸		

[続葉有]

(54) Title: IMAGE DISPLAY AND METHOD FOR MANUFACTURING IMAGE DISPLAY

(54) 発明の名称: 画像表示装置及び画像表示装置の製造方法



(57) Abstract: The first invention relates to an image display in which at least one kind of particles or a powdery fluid is sealed in the space between two opposed substrates at least one of which is transparent and the particles or powdery fluid is moved by applying an electric field to the particles or powdery fluid by means of two electrodes of different potentials so as to display an image, wherein a member for sending a signal to be applied to a circuit for image display and a substrate are connected through an anisotropic conductive film and members including electrodes are mounted on the substrate opposed to the transparent substrate. The second to sixth inventions relate to an image display in which an electrode is provided on a substrate with a transparent elastic member interposed therebetween, a reflection preventive layer is provided, the bonding of the substrates through a partition wall is optimized.

(57) 要約: 本発明の画像表示装置の第 1 発明では、少なくとも一方が透明な対向する 2 枚の基板間に、1 種類以上の粒子群または粉流体を封入し、電位の異なる 2 種類の電極から粒子群または粉流体に電界を与えて粒子または粉流体を移動させ画像を表示する画像表示装置であって、画像表示の回路へ印加する信号を送る部材と基板との接続が異方性導電フィルムでなされ、かつ電極等の部材が透明基板と対向する側に実装されている。他の本発明の画像表示装置の第 2 発明～第 6 発明では、基板表面に透明弾性部材を介して電極を設けたり、反射防止層を設けたり、基板と基板との隔壁を介しての接合の最適化を行ったりしている。

BEST AVAILABLE COPY

WO 2004/001498 A1



倉 4-5-16 Tokyo (JP). 北野 創 (KITANO, Hajime) [JP/JP]; 〒187-0031 東京都小平市小川東町 3-5-5 Tokyo (JP). 二瓶 則夫 (NIHEI, Norio) [JP/JP]; 〒187-0031 東京都小平市小川東町 3-5-5 Tokyo (JP). 村田 和也 (MURATA, Kazuya) [JP/JP]; 〒191-0016 東京都日野市神明 2-1-19 Tokyo (JP). 薬師寺 学 (YAKUSHIJI, Gaku) [JP/JP]; 〒207-0022 東京都東大和市桜が丘 2-223-1 Tokyo (JP). 加賀 紀彦 (KAGA, Norihiko) [JP/JP]; 〒187-0031 東京都小平市小川東町 3-5-5 Tokyo (JP). 荒井 利晃 (ARAI, Toshiaki) [JP/JP]; 〒273-0031 千葉県船橋市西船 5-9-15-303 Chiba (JP). 増田 善友 (MASUDA, Yoshitomo) [JP/JP]; 〒205-0023 東京都羽村市神明台 3-5-28 Tokyo (JP). 山崎 博貴 (YAMAZAKI, Hiroataka) [JP/JP]; 〒186-0005 東京都国立市西 2-8-36 Tokyo (JP). 小坪 秀史 (KOTSUBO, Hidefumi) [JP/JP]; 〒187-0031 東京都小平市小川東町 3-1-1 Tokyo (JP). 吉川 雅人 (YOSHIKAWA, Masato) [JP/JP]; 〒187-0022 東京都小平市上水本町 3-16-15-102 Tokyo (JP). 大野 信吾 (OONO, Shingo) [JP/JP]; 〒187-0031 東京都小平市小川東町 3-1-1 Tokyo (JP). 岩淵 芳典 (IWABUCHI, Yoshinori) [JP/JP]; 〒187-0031 東京都小平市小川東町 3-1-1 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 杉村 興作 (SUGIMURA, Kosaku); 〒100-0013 東京都千代田区霞が関3丁目2番4号霞山ビルディング Tokyo (JP).

(81) 指定国(国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

## 画像表示装置及び画像表示装置の製造方法

技術分野

本発明は、クーロン力などの静電気を利用し粒子の移動または粉流体の移動に伴い画像を繰り返し表示、消去できる画像表示装置及び画像表示装置の製造方法に関するものである。

背景技術

従来より、液晶（LCD）に代わる画像表示装置として、電気泳動方式、エレクトロクロミック方式、サーマル方式、2色粒子回転方式などの技術を用いた画像表示装置が提案されている。

これら従来の技術は、LCDに比べて、通常の印刷物に近い広い視野角が得られる、消費電力が小さい、メモリ機能を有している等のメリットから、次世代の安価な画像表示装置に使用できる技術として考えられ、携帯端末用画像表示、電子ペーパー等への展開が期待されている。特に最近では、分散粒子と着色溶液からなる分散液をマイクロカプセル化し、これを対向する基板間に配置する電気泳動方式が提案され期待が寄せられている。

しかしながら、電気泳動方式では、液中を粒子が泳動するために液の粘性抵抗により応答速度が遅いという問題がある。更に、低比重の溶液中に酸化チタン等の高比重の粒子を分散させているために沈降しやすく、分散状態の安定性維持が難しく、画像繰り返し安定性に欠けるという問題を抱えている。マイクロカプセル化にしても、セルサイズをマイクロカプセルレベルにし、見かけ上、上述した欠点が現れにくくしているだけであって、本質的な問題は何ら解決されていない。

一方、溶液中での挙動を利用した電気泳動方式に対し、溶液を使わず、導電性

粒子と電荷輸送層を基板の一部に組み入れた方式も提案され始めている（例えば、趙 国来、外 3 名、“新しいトナーディスプレイデバイス（I）”、1999 年 7 月 21 日、日本画像学会年次大会（通算 83 回）“Japan Hardcopy'99”、p. 249-252）。しかし、電荷輸送層、更には電荷発生層を配置するために構造が複雑になると共に、導電性粒子に電荷を一定に注入することは難しく、安定性に欠けるという問題もある。（第 1 発明～第 6 発明共通の課題）。

また、画像表示装置に電極を装着する際、従来方式では電極を装着するために長時間を有するため画像表示装置の製造効率が低く、さらに、加熱するために基板に悪影響を与えるという問題もある（第 1 発明の課題）。

さらにまた、このような乾式表示板と、反射防止機能やタッチパネル機能を有する光学機能部材と一体化して、銀行の ATM や CD、携帯情報端末、携帯電話、コンピューター用ディスプレイなどに用いる場合には鮮明な画像が得られない問題がある（第 2 発明の課題）。

また、更に光線透過率を上げて、高コントラスト化を達成し、鮮明な画像で視認性を向上させることが求められているが、未だ達成できない問題がある（第 3 発明の課題）。

さらに、上述した種々の問題を解決するための一方法として、少なくとも一方が透明な 2 枚の基板の間に色および帯電特性の異なる 2 種類以上の粒子または粉流体を封入し、電位の異なる 2 種類の電極から粒子または粉流体に電界を与えて、クーロン力などにより粒子を移動させるか粉流体を移動させて画像を表示する画像表示板を具備する画像表示装置が知られている。この画像表示装置では、乾式で応答性能が速く、単純な構造で安価かつ、安定性に優れた画像表示を行うことができるが、画像表示に粒子または粉流体を使用しているため、粒子または粉流体を間に存在させた状態で 2 枚の基板を接着剤でシールして、基板間の位置ずれをなくすこと、及び、粒子または粉流体の漏れを防ぐことが難しい問題があった。そのため、画像表示精度の高い画像表示板を得ることが難しい問題もあった

(第4発明の課題)。

さらにまた、以上の問題を解消するために、乾式で応答速度が速く、単純な構造で、安価かつ、安定性に優れる画像表示装置として、透明基板および対向基板の間に、色及び帯電特性の異なる2種類の粒子または粉流体を封入し、電位の異なる2種類の電極から粒子または粉流体に電界を与えて、粒子を移動させ画像を表示する、隔壁により互いに離間された1つ以上の画像表示素子を持つ画像表示板を備える画像表示装置が知られている。この画像表示装置では、透明基板と対向基板との間に隔壁を配置することにより画像表示素子を形成している、

上述した構成の画像表示装置において、従来、この隔壁の配置は、透明基板と対向基板との間に隔壁を位置決めして配置した後、シール剤を基板と隔壁との角部に塗布して行っていた。そのため、基板と隔壁との接合が、透明基板や対向基板としてガラス基板を使用する際は十分な強度があっても、他の透明な樹脂などを使用する場合は、十分な接合強度が得られない問題があった。そのため、粒子または粉流体の流出を完全になくすることができなかった(第6発明の課題)。

#### 発明の開示

本発明の第1発明の第1実施例は、上記実情に鑑みて鋭意検討された新しいタイプの画像表示装置に関するものであり、乾式で応答速度が速く、単純な構造で、安価かつ安定性に優れていると共に、電極を短時間で装着することができ、優れた性能の画像表示装置を効率良く製造することを目的とするものである。

本発明者らは、上記目的を達成するために鋭意検討を重ねた結果、少なくとも一方が透明な2枚の対向する基板間に、1種類以上の粒子群を封入し、電位の異なる2種類の電極から該粒子群に電界を与えて粒子を移動させ画像を表示する画像表示装置であって、電極の接続に導電性粒子が接着剤中に分散してなる異方性導電フィルムを用いて行い、優れた性能の画像表示装置を効率良く製造できることを見出し、本発明に至った。

すなわち本発明の第1発明の第1実施例は、以下の画像表示装置を提供するも

のである。

1. 少なくとも一方が透明な2枚の対向する基板間に、1種類以上の粒子群を封入し、該粒子群に電界を与えて粒子を移動させ画像を表示する画像表示装置であって、画像表示の回路へ印加する信号を送る部材を異方性導電フィルムにより基板に装着してなることを特徴とする画像表示装置。
2. 粒子の平均粒子径が0.1～50 $\mu\text{m}$ である上記1の画像表示装置。
3. 粒子の表面電荷密度が絶対値で5～150 $\mu\text{C}/\text{m}^2$ である上記1又は2の画像表示装置。
4. 粒子が、その表面と1mmの間隔をもって配置されたコロナ放電器に、8kVの電圧を印加してコロナ放電を発生させて表面を帯電させた場合に、0.3秒後における表面電位の最大値が300Vより大きい粒子である上記1～3のいずれかの画像表示装置。
5. 異方性導電フィルムが熱硬化性接着剤または光硬化性接着剤中に導電性粒子を分散してなるものである上記1～4のいずれかの画像表示装置。
6. 熱硬化性接着剤または光硬化性接着剤中に分散する導電性粒子の径が0.1～20 $\mu\text{m}$ である上記5の画像表示装置。
7. 熱硬化性接着剤または光硬化性接着剤がグリシジル基、アクリル基およびメタクリル基のいずれかを持つ化合物を1種類以上含むものである上記5又は6の画像表示装置。

本発明の第1発明の第2実施例は、上記実情に鑑みて鋭意検討された新しいタイプの乾式画像表示装置に関するものであり、静電気を利用して画像を繰り返し表示する装置において、安価で、かつ、安定性に優れると共に、電極等を短時間で装着することができ、優れた性能の画像表示装置を効率良く製造することを目的とするものである。

本発明者らは、上記目的を達成するために鋭意検討を重ねた結果、液体の特徴である流動性と、固体の特徴である一定の外形保持性とを兼ね備えた粉流体を

用いることにより、高応答速度を示し、安価な、かつ、安定性向上と駆動電圧低減の両立を達成した全く新しい画像表示装置が得られ、また、画像を表示させるために回路へ印加する信号を送る電極等の部材を異方性導電フィルムにより基板に装着することにより、優れた性能の画像表示装置を効率良く製造できることを見出し、本発明に到達した。

即ち本発明の第1発明の第2実施例は、以下の画像表示装置を提供するものである。

1. 少なくとも一方が透明な対向する2枚の基板間に、気体中に固体状物質が分散質として安定に浮遊するエアロゾル状態で高流動性を示す粉流体を封入し、粉流体を移動させる画像表示装置であって、画像表示の回路へ印加する信号を送る部材を異方性導電フィルムにより基板に装着してなることを特徴とする画像表示装置。
2. 粉流体の最大浮遊時の見かけ体積が未浮遊時の2倍以上である上記1の画像表示装置。
3. 粉流体の見かけ体積の時間変化が次式を満たすものである上記1又は2の画像表示装置。

$$V_{10}/V_5 > 0.8$$

なお、 $V_5$  は最大浮遊時から5分後の粉流体の見かけ体積 ( $\text{cm}^3$ )、 $V_{10}$  は最大浮遊時から10分後の粉流体の見かけ体積 ( $\text{cm}^3$ ) を示す。

4. 粉流体を構成する粒子物質の平均粒子径  $d(0.5)$  が  $0.1 \sim 20 \mu\text{m}$  である上記1～3のいずれかの画像表示装置。
5. 異方性導電フィルムが熱硬化性接着剤または光硬化性接着剤中に導電性粒子を分散してなるものである上記1～4のいずれかの画像表示装置。
6. 熱硬化性接着剤または光硬化性接着剤中に分散する導電性粒子の径が  $0.1 \sim 20 \mu\text{m}$  である上記5の画像表示装置。
7. 熱光硬化性接着剤または光硬化性接着剤がグリシジル基、アクリル基および

メタクリル基のいずれかを持つ化合物を1種類以上含むものである上記5又は6の画像表示装置。

本発明の第2発明の第1実施例は、乾式静電表示板を用いた画像表示装置において、簡単な構造で、かつ安定性に優れていると共に、鮮明な画像が得られる光学機能部材と一体化した画像表示装置を提供することを目的とするものである。

本発明者らは、上記目的を達成するために鋭意検討を重ねた結果、少なくとも一方が透明な対向する2枚の基板間に、1種類以上の粒子群を封入し、電位の異なる2種類の電極から該粒子群に静電界を与えて粒子を移動させ画像を表示する画像表示板と、光学機能部材を透明弾性層を介して一体化することにより、簡単な構造で、安定性に優れると共に、鮮明な画像が得られるようになることを見出し、本発明に至った。

すなわち本発明の第2発明の第1実施例は、以下の画像表示装置を提供するものである。

1. 少なくとも一方が透明な対向する2枚の基板間に、1種類以上の粒子群を封入し、電位の異なる2種類の電極から該粒子群に静電界を与えて粒子を移動させ画像を表示する画像表示板と、光学機能部材とを具備してなり、該画像表示板と光学機能部材とが透明弾性層を介して一体化されていることを特徴とする画像表示装置。
2. 粒子の平均粒子径が $0.1 \sim 50 \mu\text{m}$ である上記1の画像表示装置。
3. 粒子の表面電荷密度が絶対値で $5 \sim 150 \mu\text{C}/\text{m}^2$ である上記1又は2の画像表示装置。
4. 粒子が、その表面と1mmの間隔をもって配置されたコロナ放電器に、8kVの電圧を印加してコロナ放電を発生させて表面を帯電させた場合に、0.3秒後における表面電位の最大値が300Vより大きい粒子である上記1～3のいずれかの画像表示装置。
5. 透明弾性層の屈折率を $n_0$ とし、光学機能部材の屈折率を $n_1$ とし、更に画



像表示板の透明基板の屈折率を $n_2$ とした場合、 $n_0$ と $n_1$ との差の絶対値および $n_0$ と $n_2$ の差の絶対値がそれぞれ0.2以下である上記1～4のいずれかの画像表示装置。

6. 透明弾性層が、応力緩和特性の25℃における歪み( $\epsilon_0$ )を5%とし、応力緩和弾性率の初期値(0.05秒後)を $G_0$ とした場合、 $G_0$ が $6.5 \times 10^6$  Pa以下であり、応力緩和弾性率の減衰曲線から求められる応力緩和弾性率 $G$ と時間 $t$ (秒)の関係式、

$$\ln G(t) = -t/\tau + \ln G_0$$

によって算出される応力緩和時間 $\tau$ が17秒以下である上記1～5のいずれかの画像表示装置。

本発明の第2発明の第2実施例は、上記実情に鑑みて鋭意検討された新しいタイプの乾式画像表示装置に関するものであり、静電気を利用して画像を繰り返し表示する方法において、安価な、かつ、安定性に優れると共に、光学機能部材と一体化して鮮明な画像が得られる画像表示装置を提供することを目的とするものである。

本発明者らは、上記目的を達成するために鋭意検討を重ねた結果、液体の特徴である流動性と、固体の特徴である一定の外形保持性とを兼ね備えた粉流体を用いることにより、高応答速度を示し、安価な、かつ、安定性向上と駆動電圧低減の両立を達成した画像表示板が得られ、この画像表示板と光学機能部材とが透明弾性層を介して一体化することにより、鮮明な画像が得られる光学機能部材と一体化した新しい画像表示装置が得られることを見出し、本発明に到達した。

即ち本発明の第2発明の第2実施例は、以下の画像表示装置を提供するものである。

1. 少なくとも一方が透明な対向する2枚の基板間に、気体中に固体状物質が分散質として安定に浮遊するエアロゾル状態で高流動性を示す粉流体を封入し、粉流体を移動させる画像表示板と、光学機能部材とを具備してなり、該画像表示板

と光学機能部材とが透明弾性層を介して一体化されていることを特徴とする画像表示装置。

2. 粉流体の最大浮遊時の見かけ体積が未浮遊時の2倍以上である上記1の画像表示装置。

3. 粉流体の見かけ体積の時間変化が次式を満たすものである上記1又は2の画像表示装置。

$$V_{10}/V_5 > 0.8$$

なお、 $V_5$  は最大浮遊時から5分後の粉流体の見かけ体積 ( $\text{cm}^3$ )、 $V_{10}$  は最大浮遊時から10分後の粉流体の見かけ体積 ( $\text{cm}^3$ ) を示す。

4. 粉流体の平均粒子径  $d(0.5)$  が  $0.1 \sim 20 \mu\text{m}$  である上記1～3のいずれかの画像表示装置。

5. 透明弾性層の屈折率を  $n_0$  とし、光学機能部材の屈折率を  $n_1$  とし、更に画像表示板の透明基板の屈折率を  $n_2$  とした場合、 $n_0$  と  $n_1$  との差の絶対値および  $n_0$  と  $n_2$  の差の絶対値がそれぞれ0.2以下である上記1～4のいずれかの画像表示装置。

6. 透明弾性層が、応力緩和特性の25℃における歪み ( $\epsilon_0$ ) を5%とし、応力緩和弾性率の初期値 (0.05秒後) を  $G_0$  とした場合、 $G_0$  が  $6.5 \times 10^6 \text{ Pa}$  以下であり、応力緩和弾性率の減衰曲線から求められる応力緩和弾性率  $G$  と時間  $t$  (秒) の関係式、

$$\ln G(t) = -t/\tau + \ln G_0$$

によって算出される応力緩和時間  $\tau$  が17秒以下である上記1～5のいずれかの画像表示装置。

本発明の第3発明の第1実施例は、乾式静電画像表示装置において、簡単な構造で、安定性に優れていると共に、光線透過率を上げて高コントラスト化を達成し、更に鮮明な画像を提供することを目的とするものである。

本発明者らは、乾式静電画像表示装置における上記目的を達成するために鋭意

検討を重ねた結果、少なくとも一方が透明な対向する2枚の基板間に、1種類以上の粒子群を封入し、電位の異なる2種類の電極から該粒子群に電界を与えて粒子を移動させ画像を表示する画像表示装置の透明基板の表面に、屈折率の異なる複数の層を設けることにより、簡単な構造で、安定性に優れると共に、外光反射が抑制されることから、光線透過率が上がり、高コントラスト化を達成し、鮮明な画像が得られるようになることを見出し、本発明に至った。

すなわち本発明の第3発明の第1実施例は、以下の画像表示装置を提供するものである。

1. 少なくとも一方が透明な対向する2枚の基板間に、1種類以上の粒子群を封入し、電位の異なる2種類の電極から該粒子群に電界を与えて粒子を移動させ画像を表示する画像表示装置であって、透明基板の表面に屈折率の異なる複数の層からなる反射防止層を設けることを特徴とする画像表示装置。
2. 粒子の平均粒子径が $0.1 \sim 50 \mu\text{m}$ である上記1の画像表示装置。
3. 粒子の表面電荷密度が絶対値で $5 \sim 150 \mu\text{C}/\text{m}^2$ である上記1又は2の画像表示装置。
4. 粒子が、その表面と1mmの間隔をもって配置されたコロナ放電器に、8kVの電圧を印加してコロナ放電を発生させて表面を帯電させた場合に、0.3秒後における表面電位の最大値が300Vより大きい粒子である上記1～3のいずれかの画像表示装置。
5. 反射防止層が、導電性炭化ケイ素をターゲットとして用いてスパッタリングにより形成された低屈折層と、導電性酸化チタンをターゲットとして用いてスパッタリングにより形成された高屈折層とが互いに積層されてなるものである上記1～4のいずれかの画像表示装置。
6. 反射防止層が380～780nmの光の反射を防止し、光反射率が10%以下である上記5の画像表示装置。

本発明の第3発明の第2実施例は、上記実情に鑑みて鋭意検討された新しい

タイプの乾式画像表示装置に関するものであり、静電気を利用して画像を繰り返し表示する方法において、簡単な構造で、安価な、かつ、安定性に優れると共に、更に光線透過率を上げて、高コントラスト化を達成し、更に鮮明な画像が得られる画像表示装置を提供することを目的とするものである。

本発明者らは、上記目的を達成するために鋭意検討を重ねた結果、液体の特徴である流動性と、固体の特徴である一定の外形保持性とを兼ね備えた粉流体を用いることにより、高応答速度を示し、安価、かつ、安定性向上に優れた画像表示装置が得られ、また、透明基板に反射防止層を設けることで鮮明な画像が得られ視認性が向上することを見出し、本発明に到達した。

即ち本発明の第3発明の第2実施例は、以下の画像表示装置を提供するものである。

1. 少なくとも一方が透明な対向する2枚の基板間に、気体中に固体状物質が分散質として安定に浮遊するエアロゾル状態で高流動性を示す粉流体を封入し、粉流体を移動させる画像表示装置であって、透明基板の表面に屈折率の異なる複数の層からなる反射防止層を設けることを特徴とする画像表示装置。
2. 粉流体の最大浮遊時の見かけ体積が未浮遊時の2倍以上である上記1の画像表示装置。
3. 粉流体の見かけ体積の時間変化が次式を満たすものである上記1又は2の画像表示装置。

$$V_{10}/V_5 > 0.8$$

なお、 $V_5$  は最大浮遊時から5分後の粉流体の見かけ体積 ( $\text{cm}^3$ )、 $V_{10}$  は最大浮遊時から10分後の粉流体の見かけ体積 ( $\text{cm}^3$ ) を示す。

4. 粉流体を構成する粒子物質の平均粒子径  $d(0.5)$  が  $0.1 \sim 20 \mu\text{m}$  である上記1～3のいずれかの画像表示装置。
5. 反射防止層が、導電性炭化ケイ素をターゲットとして用いてスパッタリングにより形成された低屈折層と、導電性酸化チタンをターゲットとして用いてスパ

ツタリングにより形成された高屈折層とが互いに積層されてなるものである上記 1～4 のいずれかの画像表示装置。

6. 反射防止層が 380～780 nm の光の反射を防止し、光反射率が 10 % 以下である上記 1～5 のいずれかの画像表示装置。

本発明の第 4 発明の第 1 実施例は、乾式で応答性能が速く、単純な構造で安価かつ、安定性に優れる画像表示装置において、基板間の位置ずれがなく、粒子の漏れも防止でき、高い画像表示精度を得ることができる画像表示板を備える画像表示装置を提供しようとするものである。

本発明の第 4 発明の第 1 実施例に係る画像表示装置は、少なくとも一方が透明な対向する 2 枚の基板の間に色および帯電特性の異なる 2 種類以上の粒子群を封入し、前記基板の一方または双方に設けた電極からなる電極対から前記粒子群に電界を与えて、前記粒子を移動させて画像を表示する画像表示板を具備する画像表示装置であって、画像表示板の 2 枚の基板を、熱硬化型の接着剤または光硬化型の接着剤を用いて接続することを特徴とするものである。

本発明の第 4 発明の第 1 実施例に係る画像表示装置で用いる画像表示板では、2 枚の基板具体的には透明基板と対向基板を、熱硬化型の接着剤または光硬化型の接着剤を用いて接続することで、接着剤を介して 2 枚の基板を所定の位置にセットした後、熱または光を照射することで短時間に接着剤を硬化させることができ、基板間の位置ずれ、及び、粒子の漏れ、をなくすることができる。これにより、画像表示板の高い画像表示精度を実現することができる。

本発明の第 4 発明の第 1 実施例に係る画像表示装置における熱硬化型の接着剤または光硬化型の接着剤としては、グリシジル基、アクリル基、メタクリル基を持つ化合物を 1 種類以上含む接着剤を使用することが好ましい。本発明の画像表示装置における粒子としては、粒子の平均粒子径が 0.1～50  $\mu\text{m}$  であることが好ましい。また、粒子の表面電荷密度が絶対値で 5～150  $\mu\text{C}/\text{m}^2$  であることが好ましい。さらに、粒子が、その表面と 1 mm の間隔をもって配置された

コロナ放電器に、8KVの電圧を印加してコロナ放電を発生させて表面を帯電させた場合に、0.3秒後における表面電位の最大値が300Vより大きい粒子であることが好ましい。

本発明の第4発明の第2実施例は、高応答速度を示し、安価な、かつ、安定性向上と駆動電圧低減の両立を達成した画像表示装置において、基板間の位置ずれがなく、粉流体の漏れも防止でき、高い画像表示精度を得ることができる画像表示板を備える画像表示装置を提供しようとするものである。

本発明の第4発明の第2実施例に係る画像表示装置は、少なくとも一方が透明な対向する2枚の基板間に、気体中に固体状物質が分散質として安定に浮遊するエアロゾル状態で高流動性を示す粉流体を封入し、前記基板の一方または双方に設けた電極からなる電極対から前記粉流体に電界を与えて、前記粉流体を移動させて画像を表示する画像表示板を具備する画像表示装置であって、画像表示板の2枚の基板を、熱硬化型の接着剤または光硬化型の接着剤を用いて接続することを特徴とするものである。

本発明の第4発明の第2実施例に係る画像表示装置で用いる画像表示板では、2枚の基板具体的には透明基板と対向基板を、熱硬化型の接着剤または光硬化型の接着剤を用いて接続することで、接着剤を介して2枚の基板を所定の位置にセットした後、熱または光を照射することで短時間に接着剤を硬化させることができ、基板間の位置ずれ、及び、粉流体の漏れ、をなくすることができる。これにより、画像表示板の高い画像表示精度を実現することができる。

本発明の第4発明の第2実施例に係る画像表示装置における熱硬化型の接着剤または光硬化型の接着剤としては、グリシジル基、アクリル基、メタクリル基を持つ化合物を1種類以上含む接着剤を使用することが好ましい。本発明の画像表示装置における粉流体としては、粉流体の最大浮遊時の見かけ体積が未浮遊時の2倍以上であることが好ましい。また、粉流体の見かけ体積の時間変化が、 $V_1/V_5 > 0.8$ であることが好ましい（なお、 $V_5$ は最大浮遊時から5分後の粉

流体の見かけ体積 ( $\text{cm}^3$ )、 $V_{10}$ は最大浮遊時から10分後の粉流体の見かけ体積 ( $\text{cm}^3$ ) を示す)。さらに、粉流体を構成する粒子物質の平均粒子径  $d$  ( $0.5$ ) が  $0.1 \sim 20 \mu\text{m}$  であることが好ましい。

本発明の第5発明の第1実施例は、上述した課題を解消して、乾式で応答速度が速く、単純な構造で、安価かつ、安定性に優れる画像表示装置において、さらに表示面積を大きくできるとともに製造時の粒子の取扱いを簡単にできる画像表示装置を提供しようとするものである。

本発明の第5発明の第1実施例に係る画像表示装置は、少なくとも一方が透明な対向する基板間に、色及び帯電特性の異なる2種類の粒子群を封入し、電位の異なる2種類の電極から粒子群に電界を与えて、粒子を移動させ画像を表示する画像表示板を備える画像表示装置であって、隔壁により互いに隔離された1つ以上の画像表示素子を持つとともに、隔壁の形状が、対向基板側の底部幅  $w_b$  が透明電極側の頭部幅  $w_t$  より大きいことを特徴とするものである。

本発明の第5発明の第1実施例では、隔壁の形状を、対向基板側の底部幅  $w_b$  が透明電極側の頭部幅  $w_t$  より大きくすることで、透明基板と接する隔壁の部分を少なくでき、表示面積を大きくすることができるとともに、粒子群を隔壁で囲まれた画像表示素子の内部に充填する際、隔壁の頭部に残る粒子を少なくでき、製造時の粒子群の取扱いを簡単にすることができる。

本発明の第5発明の第1実施例における好適例として、対向基板側の底部幅  $w_b$  と透明基板側の頭部幅  $w_t$  との比  $w_t/w_b$  が  $0.5$  以下であること、粒子の平均粒子径が  $0.1 \sim 50 \mu\text{m}$  であること、同じ種類のキャリアを用いてブローオフ法により測定した2種類の粒子の、表面電荷密度の差の絶対値が、 $5 \mu\text{C}/\text{m}^2 \sim 150 \mu\text{C}/\text{m}^2$  であること、粒子が、その表面と  $1\text{mm}$  の間隔をもって配置されたコロナ放電器に、 $8\text{KV}$  の電圧を印加してコロナ放電を発生させて表面を帯電させた場合に、 $0.3$  秒後における表面電位の最大値が  $300\text{V}$  より大きい粒子であること、および、2種類の粒子群の色が白色及び黒色であること、

がある。いずれの場合も本発明の画像表示装置をより好適に得ることができる。

本発明の第5発明の第2実施例は、上述した課題を解消して、乾式で応答速度が速く、単純な構造で、安価かつ、安定性に優れる画像表示装置において、さらに表示面積を大きくできるとともに製造時の粉流体の取扱いを簡単にできる画像表示装置を提供しようとするものである。

本発明の第5発明の第2実施例に係る画像表示装置は、少なくとも一方が透明な対向する2枚の基板間に、気体中に固体状物質が分散質として安定に浮遊するエアロゾル状態で高流動性を示す粉流体を封入し、電位の異なる電極からなる電極対から前記粉流体に電界を与えて、前記粉流体を移動させて画像を表示する画像表示板を備える画像表示装置であって、隔壁により互いに隔離された1つ以上の画像表示素子を持つとともに、隔壁の形状が、対向基板側の底部幅 $w_b$ が透明基板側の頭部幅 $w_t$ より大きいことを特徴とするものである。

本発明の第5発明の第2実施例では、隔壁の形状を、対向基板側の底部幅 $w_b$ が透明基板側の頭部幅 $w_t$ より大きくすることで、透明基板と接する隔壁の部分を少なくでき、表示面積を大きくすることができるとともに、粉流体を隔壁で囲まれた画像表示素子の内部に充填する際、隔壁の頭部に残る粉流体を少なくでき、製造時の粉流体の取扱いを簡単にすることができる。

本発明の第5発明の第2実施例における好適例として、対向基板側の底部幅 $w_b$ と透明基板側の頭部幅 $w_t$ との比 $w_t/w_b$ が0.5以下であること、粉流体の最大浮遊時の見かけ体積が未浮遊時の2倍以上であること、粉流体の見かけ体積の時間変化が次式を満たすものであること、 $V_{10}/V_5 > 0.8$ 、（なお、 $V_5$ は最大浮遊時から5分後の粉流体の見かけ体積（ $\text{cm}^3$ ）、 $V_{10}$ は最大浮遊時から10分後の粉流体の見かけ体積（ $\text{cm}^3$ ）を示す。）、および、粉流体を構成する粒子物質の平均粒子径 $d$ （0.5）が $0.1 \sim 20 \mu\text{m}$ であること、がある。いずれの場合も本発明の画像表示装置をより好適に得ることができる。

本発明の第6発明の第1実施例は、上述した課題を解消して、乾式で応答速度



が速く、単純な構造で、安価かつ、安定性に優れる画像表示装置の製造方法において、さらに隔壁と基板との接合強度を高く保つことができ、粒子が外部へ出ることのない画像表示装置の製造方法を提供しようとするものである。

本発明の第6発明の第1実施例に係る画像表示装置の製造方法は、少なくとも一方が透明な対向する2枚の基板間に、色及び帯電特性の異なる2種類の粒子群を封入し、電位の異なる2種類の電極から粒子群に電界を与えて、粒子を移動させ画像を表示する、隔壁により互いに隔離された1つ以上の画像表示素子を持つ画像表示板を備える画像表示装置の製造方法であって、前記透明基板及び対向基板の一方または両方に隔壁を形成し、隔壁の先端に接着剤を設け、隔壁と他方の基板または隔壁同士を接着剤を介して接合したことを特徴とするものである。

本発明第6発明の第1実施例では、透明基板及び対向基板の一方または両方に隔壁を形成し、隔壁の先端に接着剤を設け、隔壁と他方の基板または隔壁同士を接着剤を介して接合することで、隔壁と基板との間の接合、あるいは、隔壁同士の接合を強固に行うことができ、粒子の封止をほぼ完全に行うことができる。

本発明の第6発明の第2実施例における好適例として、粒子の平均粒子径が0.1～50 $\mu\text{m}$ であること、同じ種類のキャリアを用いてブローオフ法により測定した2種類の粒子の、表面電荷密度の差の絶対値が、5 $\mu\text{C}/\text{m}^2$ ～150 $\mu\text{C}/\text{m}^2$ であること、粒子が、その表面と1mmの間隔をもって配置されたコロナ放電器に、8KVの電圧を印加してコロナ放電を発生させて表面を帯電させた場合に、0.3秒後における表面電位の最大値が300Vより大きい粒子であること、および、2種粒子群の色が白色及び黒色であること、がある。いずれの場合も本発明の画像表示装置の製造方法をより好適に実施することができる。

また、本発明の第6発明の第1実施例に係る画像表示装置は、上述した画像表示装置の製造方法に従って製造することが特徴となる。

本発明の第6発明の第2実施例は、上述した課題を解消して、乾式で応答速度が速く、単純な構造で、安価かつ、安定性に優れる画像表示装置の製造方法にお

いて、さらに隔壁と基板との接合強度を高く保つことができ、粉流体が外部へ出ることのない画像表示装置の製造方法及びその方法で製造した画像表示装置を提供しようとするものである。

本発明の第6発明の第2実施例に係る画像表示装置の製造方法は、少なくとも一方が透明な対向する2枚の基板間に、気体中に固体状物質が分散質として安定に浮遊するエアロゾル状態で高流動性を示す粉流体を封入し、電位の異なる電極からなる電極対から前記粉流体に電界を与えて、前記粉流体を移動させて画像を表示する、隔壁により互いに隔離された1つ以上の画像表示素子を持つ画像表示板を備える画像表示装置の製造方法であって、前記透明基板及び対向基板の一方または両方に隔壁を形成し、隔壁の先端に接着剤を設け、隔壁と他方の基板または隔壁同士を接着剤を介して接合したことを特徴とするものである。

本発明第6発明の第2実施例では、透明基板及び対向基板の一方または両方に隔壁を形成し、隔壁の先端に接着剤を設け、隔壁と他方の基板または隔壁同士を接着剤を介して接合することで、隔壁と基板との間の接合、あるいは、隔壁同士の接合を強固に行うことができ、粉流体の封止をほぼ完全に行うことができる。

本発明の第6発明の第2実施例における好適例として、粉流体の最大浮遊時の見かけ体積が未浮遊時の2倍以上であること、粉流体の見かけ体積の時間変化が次式を満たすものであること、 $V_{10}/V_5 > 0.8$ 、（なお、 $V_5$ は最大浮遊時から5分後の粉流体の見かけ体積（ $\text{cm}^3$ ）、 $V_{10}$ は最大浮遊時から10分後の粉流体の見かけ体積（ $\text{cm}^3$ ）を示す。）、および、粉流体を構成する粒子物質の平均粒子径 $d$ （0.5）が $0.1 \sim 20 \mu\text{m}$ であること、がある。いずれの場合も本発明の画像表示装置の製造方法をより好適に実施することができる。

また、本発明の第6発明の第2実施例に係る画像表示装置は、上述した画像表示装置の製造方法に従って製造することが特徴となる。

なお、本発明における「粉流体」は、気体の力も液体の力も借りずに、自ら流動性を示す、流体と粒子の特性を兼ね備えた両者の中間状態の物質である。例え

ば、液晶は液体と固体の中間的な相と定義され、液体の特徴である流動性と固体の特徴である異方性（光学的性質）を有するものである（平凡社：大百科事典）。一方、粒子の定義は、無視できるほどの大きさであっても有限の質量をもった物体であり、重力の影響を受けるとされている（丸善：物理学事典）。ここで、粒子でも、気固流動層体、液固流動体という特殊状態があり、粒子に底板から気体を流すと、粒子には気体の速度に対応して上向きの力が作用し、この力が重力とつりあう際に、流体のように容易に移動できる状態になるものを気固流動層体と呼び、同じく、流体により流動化させた状態を液固流動体と呼ぶとされている（平凡社：大百科事典）。このように気固流動層体や液固流動体は、気体や液体の流れを利用した状態である。本発明では、このような気体の力も、液体の力も借りずに、自ら流動性を示す状態の物質を、特異的に作り出せることが判明し、これを粉流体と定義した。

すなわち、本発明における粉流体は、液晶（液体と固体の中間相）の定義と同様に、粒子と液体の両特性を兼ね備えた中間的な状態で、先に述べた粒子の特徴である重力の影響を極めて受け難く、高流動性を示す特異な状態を示す物質である。このような物質はエアロゾル状態、すなわち気体中に固体状もしくは液体状の物質が分散質として安定に浮遊する分散系で得ることができ、本発明の画像表示装置で固体状物質を分散質とするものである。

#### 図面の簡単な説明

図1は本発明の画像表示装置における画像表示板の表示方式の一例を示す説明図である。

図2は本発明の画像表示装置における画像表示板の表示方式の他の例を示す説明図である。

図3は本発明の画像表示装置における画像表示板の一例の構造を示す説明図である。

図4は本発明の画像表示装置における表示方式のさらに他の例を示す説明図で

ある。

図5は本発明の画像表示装置における表示方式のさらに他の例を示す説明図である。

図6は本発明の画像表示装置における他の例の構造を示す説明図である。

図7は(a)～(c)はそれぞれ本発明の画像表示装置を構成する画像表示板の画像表示素子におけるさらに他の例の構成とその表示駆動原理を示す図である。

図8は本発明の画像表示装置を構成する画像表示板の画像表示素子におけるさらに他の例の構成を示す図である。

図9は本発明の画像表示装置における隔壁の形状の一例を示す図である。

図10は本発明の画像表示装置に用いる粒子の表面電位の測定要領を示す図である。

図11は本発明の画像表示装置の表示機能の評価における印加電圧と反射濃度の関係を示す説明図である。

図12は実施例で作製した反射防止層の光学性能を示す図である。

図13(a)～(c)はそれぞれ本発明の画像表示装置における基板間の接続工程を示す図である。

図14(a)～(c)はそれぞれ本発明の画像表示装置における表示素子の一例とその表示作動原理を示す説明図である。

図15(a)、(b)はそれぞれ本発明の画像表示装置で用いる隔壁の形状の一例を示す縦断面図である。

図16は本発明の画像表示装置における表示素子の他の例として、表示電極を透明基板上に配置し、対向電極を対向基板に配置した場合を示す説明図である。

図17は本発明の画像表示装置において隔壁を形成する方法を説明するための図である。

図18は本発明の画像表示装置において隔壁を形成する他の方法を説明するた

めの図である。

図19は比較例の画像表示装置において隔壁を形成する一方法を説明するための図である。

図20は本発明の画像表示装置の製造方法における画像表示素子を形成する隔壁の製造方法の一例を示す図である。

図21は本発明の画像表示装置の製造方法における画像表示素子を形成する隔壁の製造方法の他の例を示す図である。

図22は本発明の画像表示装置において隔壁を形成する一方法を説明するための図である。

図23は本発明の画像表示装置において隔壁を形成する他の方法を説明するための図である。

図24は比較例の画像表示装置において隔壁を形成する一方法を説明するための図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

まず、本発明の対象となる画像表示装置の種々の構成を順に説明する。なお、以下の説明において、第1発明～第6発明のそれぞれにおいて第1実施例と第2実施例が存在し、第1実施例はそれぞれ粒子の例を、第2実施例はそれぞれ粉流体の例を示している。

本発明の画像表示装置に用いられる画像表示板の粒子を利用した第1実施例では、透明基板1および対向基板2の間に、1種類以上の粒子6を封入し、電位の異なる2種類の電極3、4から粒子5、6に電界を与えて、粒子5、6を移動させ画像を表示するものである。

ここで粒子5、6にかかる力は、粒子同士のクーロン力により引き付けあう力、極板との電気影像力、分子間力、さらに液架橋力、重力などが考えられる。

この画像表示は、図1に示すように2種以上の色の異なる粒子を基板と垂直方向に移動させることによる表示方式と、図2に示すように1種の色を基板

と平行方向に移動させることによる表示方式があり、そのいずれへも適用できるが、安定性の上から、前者の方式に適用するのが好ましい。

図3は本発明の各例における第1実施例に係る画像表示装置の構造を示す説明図であり、対向する基板1、基板2及び粒子5、6により形成され、必要に応じて隔壁7が設けられる。

本発明の画像表示装置における画像表示の粉流体を利用した第2実施例でも、粒子を利用する第2実施例と同様に、図4に示すように2種以上の色の異なる粉流体5、6を基板1、2と垂直方向に移動させる表示方式と、図5に示すように1種の色 of 粉流体6を基板1、2と平行方向に移動させる表示方式のいずれへも適用できるが、安定性の上から、前者の方式が好ましい。

図6は本発明の各例における第2実施例に係る画像表示装置の構造例を示す説明図である。すなわち、本発明の画像表示装置は、対向する基板1、基板2と、これらの基板間にある粉流体5、6および、必要に応じて設ける隔壁7により形成される。

図7(a)～(c)はそれぞれ本発明の画像表示装置を構成する画像表示板の画像表示素子におけるさらに他の例の構成とその表示駆動原理を示す図である。図7(a)～(c)に示す例において、1は透明基板、2は対向基板、3は表示電極、4は対向電極、5は負帯電性粒子、6は正帯電性粒子、7は隔壁、8は絶縁体である。

図7(a)に示す例では、対向する基板（透明基板1と対向基板2）の間に負帯電性粒子5及び正帯電性粒子6を配置した状態を示す。この状態のものに、表示電極3側が低電位、対向電極4側が高電位となるように電圧を印加すると、図7(b)に示すように、クーロン力によって、正帯電性粒子6は表示電極3側に移動し、負帯電性粒子5は対向電極4側に移動する。この場合、透明基板1側から見る表示面は正帯電性粒子6の色に見える。次に、電位を切り換えて、表示電極3側が高電位、対向電極4側が低電位となるように電圧を印加すると、図7(c)

c) に示すように、クーロン力によって、負帯電性粒子 5 は表示電極 3 側に移動し、正帯電性粒子 6 は対向電極 4 側に移動する。この場合、透明基板 1 側から見る表示面は負帯電性粒子 5 の色に見える。

図 7 (b) と図 7 (c) の間は電源の電位を反転するだけで繰り返し表示することができ、このように電源の電位を反転することで可逆的に色を変化させることができる。粒子の色は、随意に選定できる。例えば、負帯電性粒子 5 を白色とし、正帯電性粒子 6 を黒色とするか、負帯電性粒子 5 を黒色とし、正帯電性粒子 6 を白色とすると、表示は白色と黒色間の可逆表示となる。この方式では、各粒子は一度電極に鏡像力により貼り付いた状態にあるので、電源を切った後も表示画像は長期に保持され、メモリ保持性が良い。

本発明では、各帯電性粒子は気体中を飛翔するため、画像表示の応答速度が速く、応答速度を 1 m s e c 以下にすることができる。また、液晶表示素子のように配向膜や偏光板等が不要で、構造が単純で、低コストかつ大面積が可能である。温度変化に対しても安定で、低温から高温まで使用可能である。さらに、視野角がなく、高反射率、反射型で明るいところでも見易く、低消費電力である。メモリ性もあり、画像保持する場合に電力を消費しない。

図 8 は本発明の画像表示装置を構成する画像表示板の画像表示素子におけるさらに他の例の構成を示す図である。図 8 に示す例では、図 7 (a) ~ (c) に示した例とは異なり、透明基板 1 に表示電極 3 を設けるとともに、対向基板 2 に対向電極 4 を設けている。図 8 に示す例では、表示電極 3 として透明な電極が必要である。これに対し、図 7 (a)、(b) に示す例では、表示電極 3 として不透明な電極を使用できるので、銅、アルミニウム等の安価で、かつ抵抗の低い金属電極が使用できるので有利である。

なお、上述した図 7 (a) ~ (c) 及び図 8 に示す例では粒子を利用した例を説明したが、粉流体を利用しても同様である。

以下、本発明の画像表示装置に用いる各部材のうち、基板、電極、隔壁につい

て説明する。

基板については、少なくとも一方の基板は装置外側から粒子の色が確認できる透明基板1であり、可視光の透過率が高くかつ耐熱性の良い材料が好適である。対向基板2は透明でも不透明でもかまわない。基板の可撓性の有無は用途により適宜選択され、例えば、電子ペーパー等の用途には可撓性のある材料、携帯電話、PDA、ノートパソコン類の携帯機器表示等の用途には可撓性のない材料が好適である。基板材料を例示すると、ポリエチレンテレフタレート、ポリエーテルサルフォン、ポリエチレン、ポリカーボネート、ポリイミド、アクリルなどのポリマーシートや、ガラス、石英などの無機シートが挙げられる。基板の厚みは、 $2\mu\text{m}\sim 5000\mu\text{m}$ が好ましく、特に $5\sim 1000\mu\text{m}$ が好適であり、薄すぎると、強度、基板間の間隔均一性を保ちにくくなり、厚すぎると、表示機能としての鮮明さ、コントラストの低下が発生し、特に、電子ペーパー用途の場合にはフレキシビリティに欠ける。

本発明の画像表示装置では、基板に電極を設けない場合と、電極を設ける場合がある。

電極を設けない場合は、基板外部表面に静電潜像を与え、その静電潜像に応じて発生する電界にて、所定の電位に帯電した色のついた粒子群または粉流体を基板に引き寄せあるいは反発させることにより、静電潜像に対応して配列した粒子群または粉流体を透明な基板を通して表示装置外側から視認する。なお、この静電潜像の形成は、電子写真感光体を用い通常の電子写真システムで行われる静電潜像を基板上に転写形成する方法や、イオンフローにより静電潜像を直接形成する等の方法がある。

電極を設ける場合の表示方法は、電極部位への外部電圧入力により、基板上の各電極位置に生じた電界により、所定の特性に帯電した色の粒子群または粉流体が引き寄せあるいは反発させることにより、電極電位に対応して配列した粒子群または粉流体を透明な基板を通して表示装置外側から視認する。



この際の電極は、透明かつパターン形成可能である導電性材料で形成され、電極厚みは、導電性が確保でき光透過性に支障なければ良く、 $3 \sim 1000 \text{ nm}$ 、好ましくは $5 \sim 400 \text{ nm}$ が好適である。この場合の外部電圧入力は、直流あるいは交流を重ねても良い。

本発明の画像表示装置では、各図に示すような隔壁7を各表示素子の四周に設けるのが好ましい。隔壁を平行する2方向に設けることもできる。これにより、基板平行方向の余分な粒子移動を阻止し、耐久繰り返し性、メモリー保持性を介助すると共に、基板間の間隔を均一にかつ補強し画像表示板の強度を上げることでもできる。すなわち、本発明の画像表示装置では、粒子または粉流体の基板平行方向の余分な移動を阻止するために、対向する基板をつなぐ隔壁を形成し、表示部を複数の表示セルにより構成することが好ましい。

隔壁7の形状は、表示にかかわる粒子または粉流体により適宜最適設定され、一概には限定されないが、隔壁の幅は $1 \sim 100 \mu\text{m}$ 、好ましくは $2 \sim 50 \mu\text{m}$ に調整され、隔壁の高さは $10 \sim 5000 \mu\text{m}$ 、好ましくは $10 \sim 500 \mu\text{m}$ に調整される。

また、隔壁を形成するにあたり、対向する両基板の各々にリブを形成した後、に接合する両リブ法、片側の基板上にのみリブを形成する片リブ法が考えられるが、本発明の画像表示装置では、接合時のずれを防止する狙いから、片リブ法による隔壁形成が好ましい。

これらリブからなる隔壁により形成される表示セルは、図9に示すごとく、基板平面方向からみて四角状、三角状、ライン状、円形状、六角状（ハニカム構造）が例示される。

表示側から見える隔壁断面部分に相当する部分（表示セルの枠部の面積）はできるだけ小さくした方が良く、画像表示の鮮明さが増す。

隔壁7の形成方法としては、特に限定されないが、例えば、スクリーン版を用いて所定の位置にペーストを重ね塗りするスクリーン印刷法や、基板上に所望の

厚さの隔壁材をベタ塗りし、隔壁として残したい部分のみレジストパターンを隔壁材上に被覆した後、プラスト材を噴射して隔壁部以外の隔壁材を切削除去するサンドプラスト法や、該基板上に感光性樹脂を用いてレジストパターンを形成し、レジスト凹部へペーストを埋込んだ後レジスト除去するリフトオフ法（アディティブ法）や、該基板上に、隔壁材料を含有した感光性樹脂組成物を塗布し、露光・現像により所望のパターンを得る感光性ペースト法や、該基板上に隔壁材料を含有するペーストを塗布した後、凹凸を有する金型等を圧着・加圧成形して隔壁形成する鋳型成形法等、種々の方法が採用される。さらに鋳型成形法を応用し、鋳型として感光性樹脂組成物により設けたレリーフパターンを使用する、レリーフ型押し法も採用される。

次に、各発明の第1実施例で利用する粒子について説明する。

本発明の画像表示装置のうち第1実施例で表示のため使用する粒子は、負又は正帯電性の着色粒子で、クーロン力により移動するものであればいずれでも良いが、特に、球形で比重の小さい粒子が好適である。粒子には単一の色のものであり、白色又は黒色の粒子が好適に用いられる。粒子の平均粒子径は0.1～50  $\mu\text{m}$ が好ましく、特に1～30  $\mu\text{m}$ が好ましい。粒子径がこの範囲より小さいと粒子の電荷密度が大きすぎて電極や基板への鏡像力が強すぎ、メモリー性はよいが、電界を反転した場合の追随性が悪くなる。反対に粒子径がこの範囲より大きいと、追随性は良いが、メモリー性が悪くなる。

粒子を負又は正に帯電させる方法は、特に限定されないが、コロナ放電法、電極注入法、摩擦法等の粒子を帯電する方法が用いられる。粒子の帯電量は当然その測定条件に依存するが、画像表示装置における粒子の帯電量はほぼ、初期帯電量、基板との接触、種類の異なる粒子との接触、経過時間に伴う電荷減衰に依存し、特に「種類の異なる粒子との接触」、すなわち2粒子間の接触に伴う帯電挙動の飽和値が支配因子となっているということが分かっている。したがって、帯電量においてはこの2粒子間の帯電特性の差、すなわち仕事関数の差を知ること

が重要であるが、これは簡易測定では難しい。

本発明者らは鋭意検討の結果、ブローオフ法において同じキャリアを用いて、それぞれの粒子の帯電量測定を行うことにより相対的に評価できることを見出し、これを表面電荷密度によって規定することにより、画像表示装置として適当な粒子の帯電量を予測できることを見出した。

測定方法は詳しくは後に述べるが、ブローオフ法によって、粒子とキャリア粒子とを十分に接触させ、その飽和帯電量を測定することにより該粒子の単位重量あたりの帯電量を測定することができる。そして、該粒子の粒子径と比重を別途求めることにより該粒子の表面電荷密度を算出することができる。

画像表示装置においては、用いる粒子の粒子径は小さく、重力の影響はほぼ無視できるほど小さいため、粒子の比重は粒子の動きに対して影響しない。しかし、粒子の帯電量においては、同じ粒子径の粒子で単位重量あたりの平均帯電量が同じであっても、粒子の比重が2倍異なる場合に保持する帯電量は2倍異なることとなる。従って、画像表示装置に用いられる粒子の帯電特性は粒子の比重に無関係な表面電荷密度（単位： $\mu\text{C}/\text{m}^2$ ）で評価するのが好ましいことが分かった。

そして、粒子間においてこの表面電荷密度の差が十分にある時、2種類の粒子はお互いの接触により異なる特性の帯電量を保持し、電界により移動する機能を保持するのである。

ここで、表面電荷密度は2粒子の帯電特性を異なるものにするためにある程度の差が必要であるが、大きいほどよいというものではない。粒子移動による画像表示装置においては粒子の粒子径が大きいときは主に電気影像力が粒子の飛翔電界(電圧)を決定する因子となる傾向が強いため、この粒子を低い電界(電圧)で動かすためには帯電量が低いほうがよいこととなる。また、粒子の粒子径が小さいときは分子間力・液架橋力等の非電氣的な力が飛翔電界(電圧)決定因子となることが多いため、この粒子を低い電界(電圧)で動かすためには帯電量が高いほうがよいこととなる。しかし、これは粒子の表面性(材料・形状)にも大きく依存する

ため一概に粒子径と帯電量で規定することはできない。

本発明者らは平均粒子径が  $0.1\text{--}50\mu\text{m}$  の粒子においては、同じ種類のキャリアを用いてブローオフ法により測定した2種類の粒子の、表面電荷密度の差の絶対値が  $5\mu\text{C}/\text{m}^2\sim 150\mu\text{C}/\text{m}^2$  である場合に画像表示装置として使用できる粒子と成り得ることを見出した。

ブローオフ測定原理及び方法は以下の通りである。ブローオフ法においては、両端に網を張った円筒容器中に粉体とキャリアの混合体を入れ、一端から高压ガスを吹き込んで粉体とキャリアとを分離し、網の目開きから粉体のみをブローオフ(吹き飛ばし)する。この時、粉体が容器外に持ち去った帯電量と等量で逆の帯電量がキャリアに残る。そして、この電荷による電束の全てはファラデーケージで集められ、この分だけコンデンサーは充電される。そこでコンデンサー両端の電位を測定することにより粉体の電荷量  $Q$  は、 $Q=CV$  ( $C$ :コンデンサー容量、 $V$ :コンデンサー両端の電圧) として求められる。

本発明では、ブローオフ粉体帯電量測定装置として東芝ケミカル社製の TB-200 を用い、同じ種類のキャリアとしてパウダーテック社製の F963-2535 を用い、単位表面積あたり電荷密度(単位:  $\mu\text{C}/\text{m}^2$ ) を測定した。

粒子はその帯電電荷を保持する必要があるので、体積固有抵抗が  $1\times 10^{10}\Omega\cdot\text{cm}$  以上の絶縁性粒子が好ましく、特に  $1\times 10^{12}\Omega\cdot\text{cm}$  以上の絶縁性粒子が好ましい。

また、本発明の画像表示装置における粒子は、以下に述べる方法で評価した電荷減衰性の遅い粒子が更に好ましい。即ち、粒子を、別途、プレス、加熱溶融、キャストなどにより、厚み  $5\sim 100\mu\text{m}$  範囲のフィルム状にして、そのフィルム表面と  $1\text{mm}$  の間隔をもって配置されたコロナ放電器に、 $8\text{KV}$  の電圧を印加してコロナ放電を発生させて表面を帯電させ、その表面電位の変化を測定し判定する。この場合、 $0.3$  秒後における表面電位の最大値が  $300\text{V}$  より大きく、好ましくは  $400\text{V}$  より大きくなるように、粒子構成材料を選択、作製すること

が望ましい。

なお、上記表面電位の測定は、例えば図10に示した装置（QEA社製CRT 2000）により行なうことが出来る。この装置の場合は、前述したフィルムを表面に配置したロールシャフト両端部をチャック21にて保持し、小型のスコープ放電器22と表面電位計23とを所定間隔離して併設した計測ユニットを上記フィルムの表面と1mmの間隔を持って対向配置し、上記のロールシャフトを静止した状態のまま、上記計測ユニットを該ロールシャフトの一端から他端まで一定速度で移動させることにより、表面電荷を与えつつその表面電位を測定する方法が好適に採用される。なお、測定環境は温度 $25 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $55 \pm 5\text{RH}\%$ とする。

本発明の画像表示装置における粒子は帯電性能等の特性が満たされれば、いずれの材料から構成されても良い。例えば樹脂、荷電制御剤、着色剤、無機添加剤等から、或いは着色剤単独等で形成することができる。樹脂の例としては、ウレタン樹脂、ウレア樹脂、アクリル樹脂、ポリエステル樹脂、アクリルウレタン樹脂、アクリルウレタンシリコーン樹脂、アクリルウレタンフッ素樹脂、アクリルフッ素樹脂、シリコーン樹脂、アクリルシリコーン樹脂、エポキシ樹脂、ポリスチレン樹脂、スチレンアクリル樹脂、ポリオレフィン樹脂、ブチラール樹脂、塩化ビニリデン樹脂、メラミン樹脂、フェノール樹脂、フッ素樹脂、ポリカーボネート樹脂、ポリスルホン樹脂、ポリエーテル樹脂、ポリアミド樹脂などが挙げられ、特に基板との付着力を制御する上から、アクリルウレタン樹脂、アクリルシリコーン樹脂、アクリルフッ素樹脂、アクリルウレタンシリコーン樹脂、アクリルウレタンフッ素樹脂、フッ素樹脂、シリコーン樹脂が好適である。2種以上混合することもできる。

荷電制御剤としては、特に制限はないが、負荷電制御剤としては例えば、サリチル酸金属錯体、含金属アゾ染料、含金属（金属イオンや金属原子を含む）の油性染料、4級アンモニウム塩系化合物、カリックスアレン化合物、含ホウ素化

合物（ベンジル酸ホウ素錯体）、ニトロイミダゾール誘導体等が挙げられる。正荷電制御剤としては例えば、ニグロシン染料、トリフェニルメタン系化合物、4級アンモニウム塩系化合物、ポリアミン樹脂、イミダゾール誘導体等が挙げられる。その他、超微粒子シリカ、超微粒子酸化チタン、超微粒子アルミナ等の金属酸化物、ピリジン等の含窒素環状化合物及びその誘導体や塩、各種有機顔料、弗素、塩素、窒素等を含んだ樹脂等も荷電制御剤として用いることもできる。

着色剤としては、以下に例示するような、有機又は無機の各種、各色の顔料、染料が使用可能である。

黒色顔料としては、カーボンブラック、酸化銅、二酸化マンガ、アニリンブラック、活性炭などがある。

黄色顔料としては、黄鉛、亜鉛黄、カドミウムイエロー、黄色酸化鉄、ミネラルファーストイエロー、ニッケルチタンイエロー、ネーブルイエロー、ナフトールイエローS、ハンザイエローG、ハンザイエロー10G、ベンジジンイエローG、ベンジジンイエローGR、キノリンイエローレーキ、パーマネントイエローNCG、タートラジンレーキなどがある。

橙色顔料としては、赤色黄鉛、モリブデンオレンジ、パーマネントオレンジGTR、ピラズロンオレンジ、パルカンオレンジ、インダスレンブリリアントオレンジRK、ベンジジンオレンジG、インダスレンブリリアントオレンジGKなどがある。

赤色顔料としては、ベンガラ、カドミウムレッド、鉛丹、硫化水銀、カドミウム、パーマネントレッド4R、リソールレッド、ピラズロンレッド、ウォッチングレッド、カルシウム塩、レーキレッドD、ブリリアントカーミン6B、エオシンレーキ、ローダミンレーキB、アリザリンレーキ、ブリリアントカーミン3Bなどがある。

紫色顔料としては、マンガ紫、ファーストバイオレットB、メチルバイオレットレーキなどがある。

青色顔料としては、紺青、コバルトブルー、アルカリブルーレーキ、ピクトリアブルーレーキ、フタロシアニンブルー、無金属フタロシアニンブルー、フタロシアニンブルー部分塩素化物、ファーストスカイブルー、インダスレンブルーB Cなどがある。

緑色顔料としては、クロムグリーン、酸化クロム、ピグメントグリーンB、マラカイトグリーンレーキ、ファイナルイエローグリーンGなどがある。

また、白色顔料としては、亜鉛華、酸化チタン、アンチモン白、硫化亜鉛などがある。

体質顔料としては、バライト粉、炭酸バリウム、クレー、シリカ、ホワイトカーボン、タルク、アルミナホワイトなどがある。

更に、塩基性、酸性、分散、直接染料などの各種染料として、ニグロシン、メチレンブルー、ローズベンガル、キノリンイエロー、ウルトラマリンブルーなどがある。

これらの着色剤は、単独で或いは複数組合せて用いることができる。

特に黒色着色剤としてカーボンブラックが、白色着色剤として酸化チタンが好ましい。

粒子の製造例については特に限定されないが、例えば、電子写真のトナーを製造する場合に準じた粉碎法および重合法が使用出来る。また無機または有機顔料の粉体の表面に樹脂や荷電制御剤等をコートする方法も用いられる。

本発明の画像表示装置における透明基板1と対向基板2の間隔は、粒子が移動でき、コントラストを維持できれば良いが、通常10～5000 $\mu$ m、好ましくは30～500 $\mu$ mに調整される。

粒子充填量（体積占有率）は、基板間の空間体積に対して、10～80%、好ましくは10～70%を占める体積になるように充填するのが良い。

本発明の画像表示装置においては、上記の表示素子を複数使用してマトリックス状に配置して表示を行う。モノクロの場合は、一つの表示素子が一つの画素と

なる。白黒以外の任意の色表示をする場合は、粒子の色の組み合わせを適宜行えばよい。フルカラーの場合は、3種の表示素子、即ち、R（赤色）、G（緑色）及びB（青色）のカラー板を持ちかつ各々黒色の粒子を持つ表示素子を1組とし、それらを複数組配置して画像表示板とするのが好ましい。

次に、各発明の第2実施例で利用する粉流体について説明する。

粉流体とは、先に述べたように、気体の力も液体の力も借りずに、自ら流動性を示す、流体と粒子の特性を兼ね備えた両者の中間状態の物質である。この粉流体は、特にエアロゾル状態とすることができ、本発明の画像表示装置では、気体中に固体状の物質が分散質として比較的安定に浮遊する状態で用いられる。

エアロゾル状態の範囲は、粉流体の最大浮遊時の見かけ体積が未浮遊時の2倍以上であることが好ましく、更に好ましくは2.5倍以上、特に好ましくは3倍以上である。上限は特に限定されないが、12倍以下であることが好ましい。

粉流体の最大浮遊時の見かけ体積が未浮遊時の2倍より小さいと表示上の制御が難しくなり、また、12倍より大きいと粉流体を装置内に封入する際に舞い過ぎてしまうなどの取扱い上の不便が生じる。なお、最大浮遊時の見かけ体積は次のようにして測定される。すなわち、粉流体が透過して見える密閉容器に粉流体を入れ、容器自体を振動或いは落下させて、最大浮遊状態を作り、その時の見かけ体積を容器外側から測定する。具体的には、直径（内径）6 cm、高さ10 cmのポリプロピレン製の蓋付き容器（商品名アイボーイ：アズワン（株）製）に、未浮遊時の粉流体として1/5の体積相当の粉流体を入れ、振とう機に容器をセットし、6 cmの距離を3往復/secで3時間振とうさせる。振とう停止直後の見かけ体積を最大浮遊時の見かけ体積とする。

また、本発明の画像表示装置は、粉流体の見かけ体積の時間変化が次式を満たすものが好ましい。

$$V_{10}/V_5 > 0.8$$

ここで、 $V_5$ は最大浮遊時から5分後の見かけ体積（ $\text{cm}^3$ ）、 $V_{10}$ は最大浮遊



時から10分後の見かけ体積 ( $\text{cm}^3$ ) を示す。なお、本発明の画像表示装置は、粉流体の見かけ体積の時間変化  $V_{10}/V_5$  が0.85よりも大きいものが好ましく、0.9よりも大きいものが特に好ましい。 $V_{10}/V_5$  が0.8以下の場合、通常のいわゆる粒子を用いた場合と同様となり、本発明のような高速応答、耐久性の効果が確保できなくなる。

また、粉流体を構成する粒子物質の平均粒子径 ( $d(0.5)$ ) は、好ましくは  $0.1 - 20 \mu\text{m}$ 、更に好ましくは  $0.5 - 15 \mu\text{m}$ 、特に好ましくは  $0.9 - 8 \mu\text{m}$  である。 $0.1 \mu\text{m}$  より小さいと表示上の制御が難しくなり、 $20 \mu\text{m}$  より大きいと、表示はできるものの隠蔽率が下がり装置の薄型化が困難となる。なお、粉流体を構成する粒子物質の平均粒子径 ( $d(0.5)$ ) は、次の粒子径分布 Span における  $d(0.5)$  と同様である。

粉流体を構成する粒子物質は、下記式に示される粒子径分布 Span が5未満であることが好ましく、更に好ましくは3未満である。

$$\text{粒子径分布 Span} = (d(0.9) - d(0.1)) / d(0.5)$$

ここで、 $d(0.5)$  は粉流体を構成する粒子物質の50%がこれより大きく、50%がこれより小さいという粒子径を  $\mu\text{m}$  で表した数値、 $d(0.1)$  はこれ以下の粉流体を構成する粒子物質の比率が10%である粒子径を  $\mu\text{m}$  で表した数値、 $d(0.9)$  はこれ以下の粉流体を構成する粒子物質が90%である粒子径を  $\mu\text{m}$  で表した数値である。粉流体を構成する粒子物質の粒子径分布 Span を5以下とすることにより、サイズが揃い、均一な粉流体移動が可能となる。

なお、以上の粒子径分布及び粒子径は、レーザー回折/散乱法などから求めることができる。測定対象となる粉流体にレーザー光を照射すると空間的に回折/散乱光の光強度分布パターンが生じ、この光強度パターンは粒子径と対応関係があることから、粒子径及び粒子径分布が測定できる。この粒子径及び粒子径分布は、体積基準分布から得られる。具体的には、Mastersizer2000 (Malvern Instruments Ltd.) 測定機を用いて、窒素気流中に粉流体を投入し、付属の解析

ソフト（Mie 理論を用いた体積基準分布を基本としたソフト）にて、測定を行うことができる。

粉流体の作製は、必要な樹脂、荷電制御剤、着色剤、その他添加剤を混練り粉碎しても、モノマーから重合しても、既存の粒子を樹脂、荷電制御剤、着色剤、その他添加剤でコーティングしても良い。以下、粉流体を構成する樹脂、荷電制御剤、着色剤、その他添加剤を例示する。

樹脂の例としては、ウレタン樹脂、アクリル樹脂、ポリエステル樹脂、ウレタン変性アクリル樹脂、シリコーン樹脂、ナイロン樹脂、エポキシ樹脂、スチレン樹脂、ブチラール樹脂、塩化ビニリデン樹脂、メラミン樹脂、フェノール樹脂、フッ素樹脂などが挙げられ、2種以上混合することもでき、特に、基板との付着力を制御する上から、アクリルウレタン樹脂、アクリルウレタンシリコーン樹脂、アクリルウレタンフッ素樹脂、ウレタン樹脂、フッ素樹脂が好適である。

荷電制御剤の例としては、正電荷付与の場合には、4級アンモニウム塩系化合物、ニグロシン染料、トリフェニルメタン系化合物、イミダゾール誘導体などが挙げられ、負電荷付与の場合には、含金属アゾ染料、サリチル酸金属錯体、ニトロイミダゾール誘導体などが挙げられる。

着色剤の例としては、塩基性、酸性などの染料が挙げられ、ニグロシン、メチレンブルー、キノリンイエロー、ローズベンガルなどが例示される。

無機系添加剤の例としては、酸化チタン、亜鉛華、硫化亜鉛、酸化アンチモン、炭酸カルシウム、鉛白、タルク、シリカ、ケイ酸カルシウム、アルミナホワイト、カドミウムイエロー、カドミウムレッド、カドミウムオレンジ、チタンイエロー、紺青、群青、コバルトブルー、コバルトグリーン、コバルトバイオレット、酸化鉄、カーボンブラック、銅粉、アルミニウム粉などが挙げられる。

しかしながら、このような材料を工夫無く混練り、コーティングなどを施しても、エアロゾル状態を示す粉流体を作製することはできない。エアロゾル状態を示す粉流体の決まった製法は定かではないが、例示すると次のようになる。

まず、粉流体を構成する粒子物質の表面に、平均粒子径が20－100nm、好ましくは20－80nmの無機微粒子を固着させることが適当である。更に、その無機微粒子がシリコンオイルで処理されていることが適当である。ここで、無機微粒子としては、二酸化珪素（シリカ）、酸化亜鉛、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、酸化セリウム、酸化鉄、酸化銅等が挙げられる。この無機微粒子を固着させる方法が重要であり、例えば、ハイブリダイザー（奈良機械製作所（株）製）やメカノフュージョン（ホソカワミクロン（株）製）などを用いて、ある限定された条件下（例えば処理時間）で、エアロゾル状態を示す粉流体を作製することができる。

ここで繰り返し耐久性を更に向上させるためには、粉流体を構成する樹脂の安定性、特に、吸水率と溶剤不溶率を管理することが効果的である。基板間に封入する粉流体を構成する樹脂の吸水率は、3重量%以下、特に2重量%以下とすることが好ましい。なお、吸水率の測定は、ASTM-D570に準じて行い、測定条件は23℃で24時間とする。粉流体を構成する樹脂の溶剤不溶率に関しては、下記関係式で表される粉流体の溶剤不溶率を50%以上、特に70%以上とすることが好ましい。

$$\text{溶剤不溶率（\%）} = (B/A) \times 100$$

（但し、Aは樹脂の溶剤浸漬前重量、Bは良溶媒中に樹脂を25℃で24時間浸漬した後の重量を示す）

この溶剤不溶率が50%未満では、長期保存時に粉流体を構成する粒子物質表面にブリードが発生し、粉流体との付着力に影響を及ぼし粉流体の移動の妨げとなり、画像表示耐久性に支障をきたす場合がある。なお、溶剤不溶率を測定する際の溶剤（良溶媒）としては、フッ素樹脂ではメチルエチルケトン等、ポリアミド樹脂ではメタノール等、アクリルウレタン樹脂では、メチルエチルケトン、トルエン等、メラミン樹脂ではアセトン、イソプロパノール等、シリコン樹脂ではトルエン等が好ましい。

また、粉流体の充填量については、粉流体の占有体積が、対向する基板間の空隙部分の5-85%、好ましくは10-65%、更に好ましくは15-55%になるように調整することが好ましい。粉流体がエアロゾル状態を示すために、表示装置内への封入は通常の方法では困難であり、静電塗装機を用いて、強制的に基板に粉流体を付着させることが、取り扱いの上で、好適である。この場合は、片方の基板にのみ、あるいは、両方の基板に付着させて合わせる、のいずれかの方法でも良い。

更に、本発明においては基板間の粉流体を取り巻く空隙部分の気体の管理が重要であり、表示安定性向上に寄与する。具体的には、空隙部分の気体の湿度について、25℃における相対湿度を60%RH以下、好ましくは50%RH以下、更に好ましくは35%RH以下とすることが重要である。以上の空隙部分とは、図7及び図8において、透明基板1、対向基板2に挟まれる部分から、粉流体5、6の専有部分、隔壁7の占有部分、装置シール部分を除いた、いわゆる粉流体が接する気体部分を指すものとする。

空隙部分の気体は、先に述べた湿度領域であれば、その種類は問わないが、乾燥空気、乾燥窒素、乾燥アルゴン、乾燥ヘリウム、乾燥二酸化炭素、乾燥メタンなどが好適である。この気体は、その湿度が保持されるように装置に封入することが必要であり、例えば、粉流体の充填、基板の組み立てなどを所定湿度環境下にて行い、更に、外からの湿度侵入を防ぐシール材、シール方法を施すことが肝要である。

なお、本発明の画像表示装置は、ノートパソコン、PDA、携帯電話などのモバイル機器の表示部、電子ブック、電子新聞などの電子ペーパー、看板、ポスター、黒板などの提示板、電卓、家電製品、自動車用品等の表示部、ポイントカードなどのカード表示部などに用いられる。

以下、本発明の第1発明～第6発明の特徴について順に説明する。

(第1発明について)

本発明の第1発明に係る画像表示装置の特徴は、画像を表示させるために回路へ印加する信号を送る電極等の部材の装着に異方性導電フィルムを用いることである。画像を表示させるために回路へ印加する信号を送る電極以外の部材としてはICチップなどが用いられる。

また、この異方性導電フィルムには熱硬化性接着剤または光硬化性接着剤中に導電性粒子を分散してなるものが用いられる。

熱硬化性接着剤または光硬化性接着剤としては、グリシジル基、アクリル基およびメタクリル基のいずれかを持つ化合物を1種類以上含むポリマーが好ましく用いられる。例えば、エチレン-酢酸ビニル共重合体；エチレンと酢酸ビニルとアクリレート系及び／又はメタクリレート系モノマーとの共重合体；エチレンと酢酸ビニルとマレイン酸及び／又は無水マレイン酸との共重合体；エチレンとアクリレート系及び／又はメタクリレート系モノマーとマレイン酸及び／又は無水マレイン酸との共重合体；並びにエチレン-メタクリル酸共重合体の分子間を金属イオンで結合させたアイオノマー樹脂などがある。

この異方性導電フィルムは、前記ポリマーに、導電性粒子と共に、有機過酸化物及び／又は光増感剤とシランカップリング剤、更にエポキシ基含有化合物を添加し、製膜することによって得られるものであり、硬化時に架橋構造が形成されると共に、高い接着性と、優れた耐久性、耐熱性が得られる。

前記ポリマーとしてエチレン-酢酸ビニル共重合体を用いる場合、エチレン-酢酸ビニル共重合体の酢酸ビニル含有率は10～50重量%であることが好ましく、更に好ましくは15～45重量%である。酢酸ビニル含有率が10重量%より低いと高温時に架橋硬化させる場合に十分な架橋度が得られず、一方、50重量%を超えると樹脂の軟化温度が低くなり、貯蔵が困難となる。

前記ポリマーとしてエチレンと酢酸ビニルとアクリレート系及び／又はメタクリレート系モノマーとの共重合体を用いる場合、当該共重合体の酢酸ビニル含有率は10～50重量%であることが好ましく、更に好ましくは14～45重量%

である。酢酸ビニル含有率が10重量%より低いと高温時に架橋硬化させる場合に十分な架橋度が得られず、一方、50重量%を超えると樹脂の軟化温度が低くなり、貯蔵が困難となり、実用上問題である。また、当該共重合体のアクリレート系及び／又はメタクリレート系モノマーの含有率は0.01～10重量%であることが好ましく、更に好ましくは0.05～5重量%である。アクリレート系及び／又はメタクリレート系モノマーの含有率が0.01重量%より低いと接着力の改善効果が低下し、一方、10重量%を超えると加工性が低下してしまう場合がある。

使用可能なアクリレート系及び／又はメタクリレート系モノマーとしては、アクリル酸エステル又はメタクリル酸エステル系モノマーの中から選ばれるモノマーであり、アクリル酸又はメタクリル酸と炭素数1～20、特に1～18の非置換又はエポキシ基等の置換基を有する置換脂肪族アルコールとのエステルが好ましく、例えばアクリル酸メチル、メタクリル酸メチル、アクリル酸エチル、メタクリル酸エチル、メタクリル酸グリシジル等が挙げられる。

また、前記ポリマーとしてエチレンと酢酸ビニルとマレイン酸及び／又は無水マレイン酸との共重合体を用いる場合、当該共重合体の酢酸ビニル含有率は10～50重量%であることが好ましく、更に好ましくは14～45重量%である。酢酸ビニル含有率が10重量%より低いと高温時に架橋硬化させる場合に十分な架橋度が得られず、一方、50重量%を超えると接着層の強度や耐久性が著しく低下してしまう傾向となる。また、当該共重合体のマレイン酸及び／又は無水マレイン酸の含有率は0.01～10重量%であることが好ましく、更に好ましくは0.05～5重量%である。このマレイン酸及び／又は無水マレイン酸の含有率が0.01重量%より低いと接着力の改善効果が低下し、一方、10重量%を超えると加工性が低下してしまう場合がある。

前記ポリマーとしてエチレンとアクリレート系及び／又はメタクリレート系モノマーとマレイン酸及び／又は無水マレイン酸との共重合体を用いる場合、当該

共重合体のアクリレート系モノマーの含有率は10～50重量%であることが好ましく、更に好ましくは14～45重量%である。アクリレート系モノマーの含有率が10重量%より低いと高温時に架橋硬化させる場合に十分な架橋度が得られず、一方、50重量%を超えると接着層の強度や耐久性が著しく低下してしまう傾向となる。また、当該共重合体のマレイン酸及び／又は無水マレイン酸の含有率は0.01～10重量%であることが好ましく、更に好ましくは0.05～5重量%である。このマレイン酸及び／又は無水マレイン酸の含有率が0.01重量%より低いと接着力の改善効果が低下し、一方、10重量%を超えると加工性が低下してしまう場合がある。なお、アクリレート系及び／又はメタクリレート系モノマーとしては、前述したものと同様のものが挙げられる。

前記ポリマーとしてエチレンーメタクリル酸共重合体の分子間を金属イオンで結合させたアイオノマー樹脂（以下「エチレンーメタクリル酸アイオノマー樹脂」という。）を用いる場合、当該樹脂のメタクリル酸含有率は1～30重量%であることが好ましく、更に好ましくは5～25重量%である。メタクリル酸含有率が1重量%より低いとイオン架橋効果が低下し、ひいては接着力の低下を招き、一方、30重量%を超えると加工性の著しい低下を招く場合がある。

このエチレンーメタクリル酸アイオノマー樹脂に用いられる金属イオンとしては、ナトリウム、亜鉛、マグネシウム、リチウム等の金属陽イオンが挙げられ、金属イオンによるイオン化度は5～80%であることが好ましく、更に好ましくは7～70%である。イオン化度が5%未満であると透明性が著しく低下し、80%を超えると加工性の著しい低下を招く場合がある。

異方性導電フィルムの硬化のためには、有機過酸化物及び／又は光増感剤を用いることができるが、硬化性接着剤が熱硬化性接着剤である場合には、通常、有機過酸化物が用いられ、硬化性接着剤が光硬化性接着剤である場合には、通常、光増感剤が用いられる。

異方性導電フィルムの硬化のために添加される有機過酸化物としては、70℃

以上の温度で分解してラジカルを発生するものであればいずれも使用可能であるが、半減期10時間の分解温度が50℃以上のものが好ましく、製膜温度、調製条件、硬化（貼り合わせ）温度、被着体の耐熱性、貯蔵安定性を考慮して選択される。

使用可能な有機過酸化物としては、例えば2, 5-ジメチルヘキサン-2, 5-ジハイドロパーオキシド、2, 5-ジメチル-2, 5-ジ（*t*-ブチルパーオキシ）ヘキサン-3, ジ-*t*-ブチルパーオキシド、*t*-ブチルクミルパーオキシド、2, 5-ジメチル-2, 5-ジ（*t*-ブチルパーオキシ）ヘキサン、ジクミルパーオキシド、 $\alpha$ ,  $\alpha'$ -ビス（*t*-ブチルパーオキシイソプロピル）ベンゼン、*n*-ブチル-4, 4'-ビス（*t*-ブチルパーオキシ）バレレート、1, 1-ビス（*t*-ブチルパーオキシ）シクロヘキサン、1, 1-ビス（*t*-ブチルパーオキシ）-3, 3, 5-トリメチルシクロヘキサン、*t*-ブチルパーオキシベンゾエート、ベンゾイルパーオキシド、*t*-ブチルパーオキシアセテート、メチルエチルケトンパーオキシド、2, 5-ジメチルヘキシル-2, 5-ビスパーオキシベンゾエート、ブチルハイドロパーオキシド、*p*-メンタンハイドロパーオキシド、*p*-クロロベンゾイルパーオキシド、ヒドロキシヘプチルパーオキシド、クロロヘキサノンパーオキシド、オクタノイルパーオキシド、デカノイルパーオキシド、ラウロイルパーオキシド、クミルパーオキシオクトエート、サクシニックアシッドパーオキシド、アセチルパーオキシド、*t*-ブチルパーオキシ（2-エチルヘキサノエート）、*m*-トルオイルパーオキシド、ベンゾイルパーオキシド、*t*-ブチルパーオキシイソブチレート、2, 4-ジクロロベンゾイルパーオキシド等が挙げられる。

有機過酸化物としては、これらのうちの少なくとも1種が単独又は混合して用いられ、通常前記ポリマー100重量部に対し、0.1～10重量部を添加して用いる。

異方性導電フィルムの硬化のために添加される光増感剤（光重合開始剤）とし



ては、ラジカル光重合開始剤が好適に用いられる。ラジカル光重合開始剤のうち、水素引き抜き型開始剤として、ベンゾフェノン、*o*-ベンゾイル安息香酸メチル、4-ベンゾイル-4'-メチルジフェニルサルファイド、イソプロピルチオキサントン、ジエチルチオキサントン、4-(ジエチルアミノ)安息香酸エチル等が使用可能である。また、ラジカル光重合開始剤のうち、分子内開裂型開始剤として、ベンゾインエーテル、ベンゾイルプロピルエーテル、ベンジルジメチルケタール、 $\alpha$ -ヒドロキシアルキルフェノン型として、2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン、1-ヒドロキシシクロヘキシルフェニルケトン、アルキルフェニルグリオキシレート、ジエトキシアセトフェノンが、また、 $\alpha$ -アミノアルキルフェノン型として、2-メチル-1-[4-(メチルチオ)フェニル]-2-モルフォリノプロパン-1-オン、2-ベンジル-2-ジメチルアミノ-1-(4-モルフォリノフェニル)ブタン-1-オンが、また、アシルフォスフィンオキサイド等が用いられる。光増感剤としては、これらのうちの少なくとも1種が単独又は混合して用いられ、通常前記ポリマー100重量部に対し、0.1~10重量部を添加して用いる。

異方性導電フィルムの接着促進剤として添加されるシランカップリング剤としては、ビニルトリエトキシシラン、ビニルトリス( $\beta$ -メトキシエトキシ)シラン、 $\gamma$ -メタクリロキシプロピルトリメトキシシラン、ビニルトリアセトキシシラン、 $\gamma$ -グリシドキシプロピルトリメトキシシラン、 $\gamma$ -グリシドキシプロピルトリエトキシシラン、 $\beta$ -(3,4-エポキシシクロヘキシル)エチルトリメトキシシラン、ビニルトリクロロシラン、 $\gamma$ -メルカプトプロピルトリメトキシシラン、 $\gamma$ -アミノプロピルトリエトキシシラン、N- $\beta$ -(アミノエチル)- $\gamma$ -アミノプロピルトリメトキシシラン等の1種又は2種以上の混合物が用いられる。これらのシランカップリング剤の添加量は、前記ポリマー100重量部に対し、通常0.01~5重量部で充分である。

異方性導電フィルムの接着促進剤として添加されるエポキシ基含有化合物とし

ては、トリグリシジルトリス（2-ヒドロキシエチル）イソシアヌレート、ネオペンチルグリコールジグリシジルエーテル、1, 6-ヘキサンジオールジグリシジルエーテル、アリルグリシジルエーテル、2-エチルヘキシルグリシジルエーテル、フェニルグリシジルエーテル、フェノール（EO）5 グリシジルエーテル、p-tert-ブチルフェニルグリシジルエーテル、アジピン酸ジグリシジエステルの、フタル酸ジグリシジエステル、グリシジルメタクリレート、ブチルグリシジルエーテル等が挙げられる。また、エポキシ基を含有するポリマーをアロイ化することによっても同様の効果を得ることができる。これらのエポキシ基含有化合物は、1種又は2種以上の混合物として用いられ、その添加量は前記ポリマー100重量部に対し、通常0.1～20重量部で充分である。

異方性導電フィルムの物性（機械的強度、接着性、光学的特性、耐熱性、耐湿熱性、耐候性、架橋速度等）の改良や調節のために、アクリロイル基、メタクリロイル基又はアリル基を有する化合物を添加することができる。この目的に供せられる化合物としては、アクリル酸又はメタクリル酸誘導体、例えばそのエステル及びアミドが最も一般的であり、エステル残基としてはメチル、エチル、ドデシル、ステアシル、ラウリルのようなアルキル基のほかに、シクロヘキシル基、テトラヒドロフルフリル基、アミノエチル基、2-ヒドロキシエチル基、3-ヒドロキシプロピル基、3-クロロ-2-ヒドロキシプロピル基等が挙げられる。また、エチレングリコール、トリエチレングリコール、ポリプロピレングリコール、ポリエチレングリコール、トリメチロールプロパン、ペンタエリスリトール等の多官能アルコールとのエステルも同様に用いられる。また、アミドとしては、ダイアセトンアクリルアミドが代表的である。多官能架橋助剤としては、トリメチロールプロパン、ペンタエリスリトール、グリセリン等のアクリル酸又はメタクリル酸エステル、また、アリル基を有する化合物としては、トリアリルシアヌレート、トリアリルイソシアヌレート、フタル酸ジアリル、イソフタル酸ジアリル、マレイン酸ジアリル等が挙げられる。

これらの化合物は、1種又は2種以上の混合物として、前記ポリマー100重量部に対し、通常0.1～50重量部、好ましくは0.5～30重量部添加して用いられる。50重量部を超えると、接着剤の調製時の作業性や製膜性を低下させることがある。

異方性導電フィルムには、加工性や貼り合わせ等の加工性向上の目的で炭化水素樹脂を接着剤中に添加することができる。この場合、添加される炭化水素樹脂は天然樹脂系、合成樹脂系のいずれでもよい。天然樹脂系ではロジン、ロジン誘導体、テルペン系樹脂が好適に用いられる。ロジンではガム系樹脂、トール油系樹脂、ウッド系樹脂を用いることができる。ロジン誘導体としてはロジンをそれぞれ水素化、不均一化、重合、エステル化、金属塩化したものを用いることができる。テルペン系樹脂では $\alpha$ -ピネン、 $\beta$ -ピネン等のテルペン系樹脂の他、テルペンフェノール樹脂を用いることができる。また、その他の天然樹脂としてダンマル、コーパル、シェラックを用いてもよい。一方、合成樹脂系では石油系樹脂、フェノール系樹脂、キシレン系樹脂が好適に用いられる。石油系樹脂では脂肪族系石油樹脂、芳香族系石油樹脂、脂環族系石油樹脂、共重合系石油樹脂、水素化石油樹脂、純モノマー系石油樹脂、クマロンインデン樹脂を用いることができる。フェノール系樹脂ではアルキルフェノール樹脂、変性フェノール樹脂を用いることができる。キシレン系樹脂ではキシレン樹脂、変性キシレン樹脂を用いることができる。

炭化水素樹脂の添加量は適宜選択されるが、前記ポリマー100重量部に対して1～200重量部が好ましく、更に好ましくは5～150重量部である。以上の添加剤のほか、本発明には、老化防止剤、紫外線吸収剤、染料、加工助剤等を本発明の目的に支障をきたさない範囲で用いてもよい。

異方性導電フィルムに用いる導電性粒子としては、電氣的に良好な導体である限り、種々のものを使用することができる。例えば、銅、銀、ニッケル等の金属粉体、このような金属で被覆された樹脂あるいはセラミック粉体等を使用するこ

とができる。また、その形状についても特に制限はなく、りん片状、樹枝状、粒状、ペレット状等の任意の形状をとることができる。

導電性粒子の配合量は、前記ポリマーに対し、0.1～15容量%であることが好ましく、また、粒子径は0.1～100 $\mu\text{m}$ 、特に0.1～20 $\mu\text{m}$ であることが好ましい。このように、配合量及び粒子径を規定することにより、隣接した回路間で導電性粒子が凝集し、短連しなくなる。

異方性導電フィルムは、主成分である前記ポリマーに、前述した熱又は光によってラジカルを発生する架橋剤（有機過酸化物及び／又は光増感剤）、必要に応じて架橋助剤、シランカップリング剤、エポキシ基含有化合物を添加して製造される。すなわち、異方性導電フィルムは、前記ポリマーを前述の添加剤と均一に混合し、押出機、ロール等で混練した後、カレンダーロール、Tダイ押出、インフレーション等の製膜法により所定の形状に製膜することができる。

なお、製膜に際しては、ブロッキング防止、被着体との圧着を容易にするため等の目的で、エンボス加工が施されていてもよい。前記のようにして得られたフィルムを被着体（ポリイミド・銅箔等）と貼り合わせるには、常法、例えば、熱プレスによる貼り合わせ法や、押出機、カレンダーによる直接ラミネート法、フィルムラミネーターによる加熱圧着法等の手法を用いることができる。

また、各構成成分を部材に何ら影響を及ぼさない溶媒に均一に溶解させ、部材の表面に均一に塗布し、他の被着体（ポリイミド・銅箔等）を仮圧着した後、熱又は光硬化させることができる。

異方性導電フィルムの硬化条件としては、熱硬化の場合は、用いる有機過酸化物の種類に依存するが、通常70～170℃、好ましくは70～150℃で、通常10秒～120分、好ましくは20秒～60分である。

光増感剤を用いる光硬化の場合は、光源として紫外～可視領域に発光する多くの物が採用でき、例えば超高圧、高圧、低圧水銀灯、ケミカルランプ、キセノンランプ、ハロゲンランプ、マーキュリーハロゲンランプ、カーボンアーク灯、白

熱灯、レーザー光等が挙げられる。

照射時間は、ランプの種類、光源の強さによって一概には決められないが、数十秒～数十分程度である。また、硬化促進のために、予め積層体を40～120℃に加温し、これに紫外線を照射してもよい。

異方性導電フィルムは、前記ポリマーに、導電性粒子と共に、有機過酸化物及び／又は光増感剤とシランカップリング剤、更にエポキシ基含有化合物を添加し、製膜することによって得られる。

この異方性導電フィルムは、接着剤が前記ポリマーを主成分とするため、以下の特長を有する。(1)リペア性が良好である。(2)透明性が良好である。(3)従来品に比べ、安定して高い接着性を発揮する。(4)透明な前記ポリマーを原料としたフィルムを使用することにより、電極位置決めの際の光透過性がよく、作業性が良好である。(5)エポキシ系等の従来品は、150℃以上の加熱が必要であったが、100℃以下で硬化接着が可能であり、またUV硬化性とすることもできるため、更に低温での硬化接着も可能である。(6)従来用いられているエポキシ系、フェノール系の異方性導電フィルムは、粘着性がなく、フィルムが電極に粘着力で仮止めしにくく、剥がれやすく、作業性が悪いが、前記ポリマーを主成分とする異方性導電フィルムは、仮止めの時の粘着力が高いため、作業性が良好である。

次に実施例および比較例を示して、本発明の第1発明を更に具体的に説明する。但し本発明は以下の実施例により限定されるものではない。

#### <第1発明の実施例>

##### 実施例1 (第1実施例：粒子)

ベース樹脂として飽和ポリエステルの水酸基をメタクリロキシ基に置換したポリマーを用い、そのトルエン15重量%の溶液を調製した。これにベース樹脂100重量部に対してベンゾイルパーオキサイド2重量部、ブチル化メラミン樹脂(大日本化学工業(株)製、スーパーベッカミンL125-60)5重量部、リ

ン酸メタクリレート（共栄化学（株）製、PIM）3重量部、ポリエチレングリコールジアクリレート20重量部、 $\gamma$ -メタクリロキシプロピルトリメトキシシラン0.5重量部を添加し、十分に混合した。これに導電性粒子（日本化学工業（株）製、16.GNR10.0MX、粒子径5 $\mu$ m）をベース樹脂100重量部に対して4重量部混合し、ロールコーターにて70℃にてキャストイングして20 $\mu$ mの異方性導電フィルムを調製した。この異方性導電フィルムの接着力は140℃で10秒間圧着したところ1.2kg/inchであり、導電抵抗は2.5 $\Omega$ であった。

次に図1に示す構成の表示素子をもつ画像表示装置を作製した。透明基板としてガラス基板を用い、対向基板にはエポキシ板を用い、表示電極および対向電極は上記の異方性導電フィルムを用いた。この異方性導電フィルムの装着は3MPa、140℃で10秒間加熱することにより行なった。なお、それぞれの電極の表面に付着防止と電荷漏洩防止のために、絶縁性のシリコン樹脂を約3 $\mu$ mの厚さにコートした。負帯電性粒子として電子写真用黒色重合トナー（平均粒子径8 $\mu$ mの球形、表面電荷密度 $-50\mu\text{C}/\text{m}^2$ 、前記の表面電位測定で0.3秒後における表面電位の最大値450V）を用いた。正帯電性粒子としては、白色顔料に酸化チタンを用い、荷電制御剤に4級アンモニウム塩系化合物を用いて、スチレンアクリル樹脂の重合粒子を作製した（平均粒子径8 $\mu$ mの球形、表面電荷密度 $+45\mu\text{C}/\text{m}^2$ 、前記の表面電位測定で0.3秒後における表面電位の最大値500V）。粒子の帯電は、両粒子を等量混合攪拌して摩擦帯電にて行なった。隔壁の高さを200 $\mu$ mとして、混合された粒子の充填量は、空間の70%とした。

表示電極側を高電位に対向電極側を低電位になるように200Vの直流電圧を印加すると、負帯電性粒子は表示電極側に飛翔して付着し、表示素子は白色に表示された。次に印加電圧の電位を逆にすると、負帯電性粒子は対向電極側に飛翔して付着し、表示素子は黒色に表示された。

電圧印加に対する応答時間を測定したところ 1 msec であった。各表示において、電圧印加を停止して 1 日間放置したが、表示は保たれていた。

次に、印加電圧の電位反転を 1 万回繰り返したが、応答速度の変化は殆どなかった。

#### 実施例 2 (第 1 実施例：粒子)

実施例 1 の異方性導電フィルムの調製においてポリエチレングリコールジアクリレート 20 重量部に代えてネオペンチルグリコールジメタクリレート 20 重量部を用いた他は実施例 1 と同様に実施した。

異方性導電フィルムの接着力は 1.1 kg/inch、導電抵抗は 2.5  $\Omega$  であり、画像表示装置の性能は実施例 1 と同様であった。

#### 参考例 1 (第 1 実施例：粒子)

実施例 1 の異方性導電フィルムの調製においてブチル化メラミン樹脂とリン酸メタクリレートを用いなかったこと以外は実施例 1 と同様に実施した。

異方性導電フィルムの接着力は 0.4 kg/inch、導電抵抗は 2.9  $\Omega$  であり、画像表示装置の性能は実施例 1 と同様であった。

次に、第 1 発明の第 2 実施例として、粉流体を利用した例について検討した。なお、以下の第 1 発明に係る実施例および比較例における粉流体の物性および表示装置の機能について、下記の基準に従い、評価を行った。

##### (1) 粉流体の平均粒子径及び粒子径分布 Span

Mastersizer2000 (Malvern instruments Ltd.) 測定機に各粉流体を投入し、付属のソフト（体積基準分布を基に粒子径分布、粒子径を算出するソフト）を用いて、下記値を求めた。

$$\text{粒子径分布 Span} = (d(0.9) - d(0.1)) / d(0.5)$$

(但し、 $d(0.5)$  は粉流体を構成する粒子物質の 50% がこれより大きく、50% がこれより小さいという粒子径を  $\mu\text{m}$  で表した数値、 $d(0.1)$  はこれ以下の粉流体を構成する粒子物質の比率が 10% である粒子径を  $\mu\text{m}$  で表した数値、 $d(0.9)$

はこれ以下の粉流体を構成する粒子物質が 90%である粒子径を  $\mu\text{m}$ で表した数値である。)

平均粒子径 ( $\mu\text{m}$ ) : 上記の  $d(0.5)$  である。

(2) 粉流体の最大浮遊時の見かけ体積／未浮遊時の見かけ体積の比率 ( $V_{\text{max}}/V_0$ )

本文に記載した方法により測定した。

(3) 粉流体の見かけ体積の時間変化 ( $V_{10}/V_5$ )

本文に記載した方法により最大浮遊時から 5 分後の見かけ体積  $V_5$  ( $\text{cm}^3$ ) および最大浮遊時から 10 分後の見かけ体積  $V_{10}$  ( $\text{cm}^3$ ) を測定した。

(4) 粉流体の溶剤不溶率

粉流体をメチルエチルケトン溶媒中に  $25^\circ\text{C}$  で 24 時間浸漬し、 $100^\circ\text{C}$  で 5 時間乾燥した後の重量を測定した。浸漬前後の重量変化より、次の式に従って溶剤不溶率を測定した。

$$\text{溶剤不溶率 (\%)} = (B/A) \times 100$$

(ただし、A は粉流体の溶剤浸漬前重量を示し、B はメチルエチルケトン溶媒中に粉流体を  $25^\circ\text{C}$  で 24 時間浸漬後の重量を示す)

(5) 表示装置の表示機能の評価

作製した表示装置に、印加する電圧を上げ、粉流体が移動して表示が可能となる電圧を最低駆動電圧として測定した。具体例を示すと、図 11 のように閾値となる電圧を最低駆動電圧とした。

次に、その最低駆動電圧 + 10 V の電圧を印加し、電位を反転させることにより、黒色～白色の表示を繰り返した。

表示機能の評価は、コントラスト比について、初期および 20000 回繰り返し後、更に 5 日放置後を反射画像濃度計を用いて測定した。ここで、コントラスト比とは、コントラスト比 = 黒色表示時反射濃度 / 白色表示時反射濃度とした。なお、参考までに、初期対比のコントラスト比を保持率とした。



応答速度は、フォトマルを用いて出力値の変化から求めた。

### 実施例3（第2実施例：粉流体）

#### （異方性導電フィルムの作製）

ベース樹脂として飽和ポリエステルの水酸基をメタクリロキシ基に置換したポリマーを用い、そのトルエン15重量%の溶液を調製した。これにベース樹脂100重量部に対してベンゾイルプロピルエーテル（光増感剤）2重量部、ブチル化メラミン樹脂（大日本化学工業（株）製、スーパーベッカミンL125-60）5重量部、リン酸メタクリレート（共栄化学（株）製、PIM）3重量部、ポリエチレングリコールジアクリレート20重量部、 $\gamma$ -メタクリロキシプロピルトリメトキシシラン0.5重量部を添加し、充分に混合した。これに導電性粒子（日本化学工業（株）製、16GNR10.0MX、粒子径5 $\mu$ m）をベース樹脂100重量部に対して4重量部混合し、ロールコーターにて70℃にてキャストティングして20 $\mu$ mの異方性導電フィルムを調製した。この異方性導電フィルムを140℃で10秒間圧着した接着力は0.8kg/inch、導電抵抗は2.7 $\Omega$ であった。

#### （粉流体の作製）

次に2種類の粉流体（粉流体X、粉流体Y）を作製した。

粉流体Xは、まず、メチルメタクリレートモノマー、TiO<sub>2</sub>（20phr）、荷電制御剤ボントロンE89（オリエント化学（株）製、5phr）、開始剤AIBN（0.5phr）を用いて懸濁重合した後、分級装置にて粒子径を揃えた。次にハイブリダイザー装置（奈良機械製作所（株）製）を用いて、これらの粒子に外添剤A（シリカH2000/4、ワッカー社製）と外添剤B（シリカS20、日本シリカ製）を投入し、4800回転で5分間処理し、外添剤を重合した粒子表面に固定化し、粉流体になるように調整した。

粉流体Yは、まず、スチレンモノマー、アゾ系化合物（5phr）、荷電制御剤ボントロンN07（オリエント化学（株）製、5phr）、開始剤AIBN

(0.5 phr) を用いて懸濁重合した後、分級装置にて粒子径を揃えた。次に、ハイブリダイザー装置（奈良機械製作所（株）製）を用いて、これらの粒子に外添剤A（シリカH2050、ワッカー社製）と外添剤B（シリカSS20、日本シリカ製）を投入し、4800回転で5分間処理し、外添剤を重合した粒子表面に固定化し、粉流体になるように調整した。

粉流体X及び粉流体Yの物性、すなわち前述の（1）粉流体の平均粒子径及び粒子径分布、（2）粉流体の最大浮遊時の見かけ体積／未浮遊時の見かけ体積の比率、（3）粉流体の見かけ体積の時間変化（ $V_{10}/V_5$ ）および（4）粉流体の溶剤不溶率を表1に示す。

#### （表示装置の作製）

まず、次に述べる隔壁を形成した電極付きの基板を作製した。

約500Å厚みの酸化インジウム電極を上記の異方性導電フィルムにより装着したガラス基板上に、高さ250μmのリブを作り、ストライプ状の片リブ構造の隔壁を形成した。

リブの形成は次のように行なった。まずペーストは、無機粉体としてSiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>およびZnOの混合物を、溶融、冷却、粉碎したガラス粉体を、樹脂として熱硬化性のエポキシ樹脂を準備して、溶剤にて粘度15000cpsになるように調製したペーストを作製した。

次に、ペーストを前述基板全面上に塗布し、150℃で加熱硬化させ、この塗布～硬化を繰り返す事により、厚み（隔壁の高さに相当）200μmになるように調整した（サンドブラスト法）。

これにドライフォトレジストを貼り付けて、露光～エッチングにより、ライン50μm、スペース200μm、ピッチ250μmの隔壁パターンが形成されるようなマスクを作製した。

次に、サンドブラストにより、所定の隔壁形状になるように余分な部分を除去し、所望とするストライプ状隔壁を形成した。

静電塗装機を用いて、先の酸化インジウム電極を設けたガラス基板上に粉流体Xを仮付着させ、もう一方のガラス基板上に粉流体Yを仮付着させ、間隔120 $\mu$ mになるようにスペーサーで調整し、両ガラス基板を合わせ、ガラス基板周辺をエポキシ系接着剤にて接着し、粉流体を封入した表示装置を作製した。粉流体Xと粉流体Yの混合率は同重量づつとし、それら粉流体のガラス基板間への充填率は60容量%となるように調整した。ここで、基板間の粉流体を取り巻く空隙部分の気体は、相対湿度35%RHの空気とした。

得られた表示装置の表示機能の評価結果を表1に示す。

#### 実施例4（第2実施例：粉流体）

実施例3において、粉流体X及び粉流体Yの主材料をウレタン（粉流体Yではカーボン併用）とした以外は同様にして表示装置を作製した。

得られた粉流体X及び粉流体Yの物性と表示装置の表示機能の評価結果を表1に示す。

#### 実施例5（第2実施例：粉流体）

実施例3において、粉流体X及び粉流体Yの開始剤AIBNの添加量を0.1phrと変更した以外は同様にして表示装置を作製した。

得られた粉流体X及び粉流体Yの物性と表示装置の表示機能の評価結果を表1に示す。開始剤AIBNの添加量を減少したので、溶剤不溶率が低下し、放置安定性がやや悪化した。

#### 実施例6（第2実施例：粉流体）

実施例3において、粉流体X及び粉流体Yの作製時に懸濁重合後の分級を行わなかった以外は同様にして表示装置を作製した。

得られた粉流体X及び粉流体Yの物性と表示装置の表示機能の評価結果を表2に示す。分級を行わないので粒子径分布Spanが大きくなり、耐久性がやや悪化した。

#### 実施例7（第2実施例：粉流体）

実施例 3 において、基板間の粉流体を取り巻く空隙部分の空気の湿度を 80 %RHとした以外は同様にして表示装置を作製した。得られた表示装置の表示機能の評価結果を表 2 に示す。空隙部分の空気の湿度が高いため、耐久性がやや悪化した。

#### 実施例 8 (第 2 実施例：粉流体)

実施例 3 において、隔壁を形成しなかった以外は同様にして表示装置を作製した。得られた表示装置の表示機能の評価結果を表 2 に示す。隔壁が無いので耐久性がやや悪化した。

#### 比較例 1 (第 2 実施例：粉流体)

実施例 3 の粉流体 X 及び粉流体 Y の作製において、ハイブリダイザーの処理条件を 4800 回転で 1 分間とした以外は同様にして表示装置を作製した。

得られた粉流体 X 及び粉流体 Y の物性と表示装置の表示機能の評価結果を表 3 に示す。ハイブリダイザーの処理条件を変更した結果、粉流体の状態が悪化したので、駆動電圧が高くなり、耐久性が悪化し、応答速度が遅くなった。

#### 比較例 2 (第 2 実施例：粉流体)

実施例 3 の粉流体 X 及び粉流体 Y の作製において、ハイブリダイザーの処理条件を 4800 回転で 30 分間とした以外は同様にして、表示装置を作製した。

得られた粉流体 X 及び粉流体 Y の物性と表示装置の表示機能の評価結果を表 3 に示す。ハイブリダイザーの処理条件を変更した結果、粉流体の状態が悪化したので、駆動電圧が高くなり、耐久性が悪化し、応答速度が遅くなった。

#### 比較例 3 (第 2 実施例：粉流体)

実施例 3 の粉流体 X 及び粉流体 Y に市販電子写真用トナーを用いた以外は同様にして、表示装置を作製した。得られた粉流体 X 及び粉流体 Y の物性と表示装置の表示機能の評価結果を表 3 に示す。この結果、粉流体の状態が悪化し、駆動電圧が高くなり、耐久性が悪化し、応答速度が遅くなった。

#### 実施例 9 (第 2 実施例：粉流体)

実施例 3 の異方性導電フィルムの調製において、ポリエチレングリコールジアクリレート 20 重量部に代えてネオペンチルグリコールジメタクリレート 20 重量部を用いた他は実施例 3 と同様に実施した。

異方性導電フィルムの接着力は 0.7 kg/inch 、導電抵抗は 2.5  $\Omega$  であり、表示装置の表示機能の評価結果は実施例 3 と同様であった。

参考例 2 (第 2 実施例：粉流体)

実施例 3 の異方性導電フィルムの調製において、ブチル化メラミン樹脂とリン酸メタクリレートを用いなかった実施例 3 と同様に実施した。

異方性導電フィルムの接着力は 0.5 kg/inch 、導電抵抗は 2.8  $\Omega$  であり、表示装置の表示機能の評価結果は実施例 3 と同様であった。

表 1

	実施例3	実施例4	実施例5
粉流体X			
(粉流体の材料)			
主材料	MAAモノマー	ウレタン	MAAモノマー
	TiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>
開始剤(phr)	AIBN (0.5)		AIBN (0.1)
荷電制御剤	ボントロン89	ボントロン89	ボントロン89
外添剤A 材料	シリカH2000/4	シリカH2000/4	シリカH2000/4
径(nm)	20	20	20
外添剤B 材料	シリカSS20	シリカSS20	シリカSS20
径(nm)	25	25	25
外添剤付着条件			
ハイブリダイザー時間 (min)	5	4	5
(粉流体の物性)			
粒子径 (μm)	3.3	5.2	4.1
粒子径分布 Span	1.6	1.9	1.8
$V_{max}/V_0$	3.1	2.5	2.6
$V_{10}/V_5$	0.91	0.88	0.87
溶剤不溶率 (%)	92	92	48
粉流体Y			
(粉流体の材料)			
主材料	スチレンモノマー	ウレタン	スチレンモノマー
	アゾ系化合物	カーボン	アゾ系化合物
開始剤(phr)	AIBN (0.5)		AIBN (0.1)
荷電制御剤	ボントロン07	ボントロン07	ボントロン07
外添剤A 材料	シリカH2050	シリカH2050	シリカH2050
径(nm)	20	20	20
外添剤B 材料	シリカSS20	シリカSS20	シリカSS20
径(nm)	25	25	25
外添剤付着条件			
ハイブリダイザー時間 (min)	5	7	5
(粉流体の物性)			
粒子径 (μm)	3.1	5.1	4.2
粒子径分布 Span	1.7	2.0	1.9
$V_{max}/V_0$	3.2	2.6	2.7
$V_{10}/V_5$	0.92	0.88	0.88
溶剤不溶率 (%)	92	92	49
空隙期待の相対湿度 (%)	35	35	35
隔壁の有無	有	有	有
(表示機能の評価)			
最低駆動電圧 (V)	20	23	24
初期コントラスト比	9.2	7.8	9.2
20000回後			
コントラスト比	8.37	6.94	8.00
保持率 (%)	91	89	87
5日放置後			
コントラスト比	8.91	6.79	6.35
保持率 (%)	89	87	69
応答速度 (m/sec)	0.1	0.2	0.3

表 2

	実施例6	実施例7	実施例8
粉流体X			
(粉流体の材料)			
主材料	MAAモノマー	MAAモノマー	MAAモノマー
	TiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>
開始剤 (phr)	AIBN (0.5)	AIBN (0.5)	AIBN (0.1)
荷電制御剤	ポントロン89	ポントロン89	ポントロン89
外添剤A 材料	シリカH2000/4	シリカH2000/4	シリカH2000/4
径 (nm)	20	20	20
外添剤B 材料	シリカSS20	シリカSS20	シリカSS20
径 (nm)	25	25	25
外添剤付着条件			
ハイブリダイザー時間 (min)	5	5	5
(粉流体の物性)			
粒子径 (μm)	4.2	3.3	3.3
粒子径分布 Span	5.1	1.6	1.6
$V_{max}/V_0$	2.1	3.1	3.1
$V_{10}/V_5$	0.81	0.91	0.91
溶剤不溶率 (%)	91	92	92
粉流体Y			
(粉流体の材料)			
主材料	スチレンモノマー	スチレンモノマー	スチレンモノマー
	アゾ系化合物	アゾ系化合物	アゾ系化合物
開始剤 (phr)	AIBN (0.5)	AIBN (0.5)	AIBN (0.5)
荷電制御剤	ポントロン07	ポントロン07	ポントロン07
外添剤A 材料	シリカH2050	シリカH2050	シリカH2050
径 (nm)	20	20	20
外添剤B 材料	シリカSS20	シリカSS20	シリカSS20
径 (nm)	25	25	25
外添剤付着条件			
ハイブリダイザー時間 (min)	5	5	5
(粉流体の物性)			
粒子径 (μm)	4.3	3.1	3.1
粒子径分布 Span	5.2	1.7	1.7
$V_{max}/V_0$	2.0	3.2	3.2
$V_{10}/V_5$	0.80	0.92	0.92
溶剤不溶率 (%)	91	92	92
空隙期待の相対湿度 (%)	35	35	35
隔壁の有無	有	有	有
(表示機能の評価)			
最低駆動電圧 (V)	42	38	21
初期コントラスト比	9.0	8.8	9.2
20000回後			
コントラスト比	7.38	7.04	7.73
保持率 (%)	82	80	84
5日放置後			
コントラスト比	7.20	6.07	7.36
保持率 (%)	70	69	80
応答速度 (m/sec)	1.1	2.1	0.2

表 3

	比較例1	比較例2	比較例3
粉流体X			
(粉流体の材料)			
主材料	MAAモノマー	MAAモノマー	市販トナー
	TiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	(黄色)
開始剤(phr)	AIBN (0.5)	AIBN (0.5)	
荷電制御剤	ボントロン89	ボントロン89	
外添剤A 材料	シリカH2000/4	シリカH2000/4	
径(nm)	20	20	
外添剤B 材料	シリカSS20	シリカSS20	
径(nm)	25	25	
外添剤付着条件			
ハイブリダイザー時間 (min)	1	30	
(粉流体の物性)			
粒子径 (μm)	4.7	4.9	7.2
粒子径分布 Span	2.2	1.8	1.8
$V_{max}/V_0$	1.2	1.2	1.2
$V_{10}/V_5$	0.69	0.58	0.68
溶剤不溶率 (%)	91	92	90
粉流体Y			
(粉流体の材料)			
主材料	スチレンモノマー	スチレンモノマー	市販トナー
	アゾ系化合物	アゾ系化合物	(黒色)
開始剤(phr)	AIBN (0.5)	AIBN (0.5)	
荷電制御剤	ボントロン07	ボントロン07	
外添剤A 材料	シリカH2050	シリカH2050	
径(nm)	20	20	
外添剤B 材料	シリカSS20	シリカSS20	
径(nm)	25	25	
外添剤付着条件			
ハイブリダイザー時間 (min)	1	30	
(粉流体の物性)			
粒子径 (μm)	4.8	5.0	6.9
粒子径分布 Span	2.2	1.8	1.8
$V_{max}/V_0$	1.2	1.2	1.2
$V_{10}/V_5$	0.69	0.59	0.70
溶剤不溶率 (%)	92	90	90
空隙期待の相対湿度 (%)	35	35	35
隔壁の有無	無	有	有
(表示機能の評価)			
最低駆動電圧 (V)	95	88	125
初期コントラスト比	8.8	9	6.7
20000回後			
コントラスト比	4.93	4.59	3.35
保持率 (%)	56	51	50
5日放置後			
コントラスト比	4.40	4.32	3.15
保持率 (%)	70	48	47
応答速度 (m/sec)	11.0	8.1	8.9



(第2発明について)

本発明の第2発明に係る画像表示装置の特徴は、画像表示板と光学機能部材とを具備してなり、該画像表示板と光学機能部材とが透明弾性層を介して一体化されているものである。

光学機能部材一体型表示装置は、表示部に圧力がかかるとひずみを起こし、画面がにじむという欠点があり、特に表示部が画像表示板の場合に顕著に起こる。このため従来の光学機能部材一体型表示装置では、光学機能部材と表示部とをスペーサを介して連結し、部材間に0.4mm程度の空隙を設けて表示部に圧力がかからないようにしている。

しかしながら、このような空隙は、光の反射散乱と吸収を起こす原因となり、ディスプレイとして重要なコントラスト比を急激に低下させると共に、視認性の低下、入力時の視差感、表示の影が発生する等の問題を生じる原因となっている。

本発明は上記事情に鑑みてなされたもので、反射防止処理ガラス等の光学機能部材と表示板との間に空隙を設けずに連結され、光透過性に優れ、コントラスト比の低下が可及的に抑制され、優れた表示性能を有する光学機能部材一体型表示装置を提供するものである。

本発明の画像表示装置における光学機能部材としては、公知のものを使用でき、例えば、光透過性の反射防止処理ガラス、反射防止処理フィルム、帯電防止ガラス、帯電防止フィルム、電磁波シールド材、近赤外線吸収フィルム、カラーフィルター、タッチパネル、携帯電話の保護板等を挙げることができる。材質としては、ポリカーボネート、ガラス、アクリル樹脂等を挙げることができる。これらの光学機能部材は、本発明の画像表示装置の用途に応じて適宜選定して使用することができる。

本発明の画像表示装置における透明弾性層は、後述するように屈折率が適正化されたものであればよく、主材として、例えば、ポリイソプレン、ポリブタジエ

ン等の合成ゴム、EVA等のオレフィン系エラストマー、ポリウレタン系エラストマー、ポリビニルブチラール、塩化ビニル系エラストマー、SBS、SIS等のスチレン系エラストマー、アクリル系樹脂、シリコン系ポリマー等を挙げることができ、特にアクリル系樹脂の使用が推奨される。

本発明の画像表示装置における透明弾性層は、上記材料を主材とすることが推奨されるものであるが、更に必要に応じて、他の材料を併用配合することができる。併用配合することができる材料としては、有機過酸化物、光増感剤、可塑剤、接着促進剤、炭化水素樹脂、老化防止剤（重合禁止剤、酸化防止剤、紫外線吸収剤など）、その他無機又は有機の充填剤等を添加しても良い。また、無機系、ハロゲン系、リン系の従来公知の難燃剤を有効量添加することもできる。この場合、上記主材100質量部に対し、通常0.1～50質量部の割合で種々最適化して配合することができる。

透明弾性層は、上記材料を直接部材に塗布するか又は公知のカレンダー、ロール、Tダイ押出、インフレーション等の製膜法によりフィルム状に製膜して形成することができる。この場合、透明弾性層の厚さは、通常0.01～5mm、特に0.05～3mmとすることが好ましい。

本発明の画像表示装置において、透明弾性層の屈折率を $n_0$ とし、光学機能部材の屈折率を $n_1$ とし、更に可逆画像表示板の透明基板の屈折率を $n_2$ とした場合、透明弾性層の屈折率 $n_0$ が光学機能部材の屈折率 $n_1$ および透明基板の屈折率 $n_2$ に対して、それぞれ適正化されたものであることが必要がある。具体的には、 $n_0$ と $n_1$ との差の絶対値が0.2以下、特に0.1以下であることが好ましく、また、 $n_0$ と $n_2$ の差の絶対値が0.2以下、特に0.1以下であることが好ましい。

これら屈折率の適正化による効果で、光透過性に優れ、コントラスト比の低下が抑制され、優れた表示性を確実に得ることができる。これら屈折率の差が大きすぎると界面での反射性が大きくなり、視認性が低下する。

本発明において透明弾性層は、応力緩和特性の25℃における歪み( $\epsilon_0$ )を5%とし、応力緩和弾性率の初期値(0.05秒後)を $G_0$ とした場合、 $G_0$ が $6.5 \times 10^6$  Pa以下、特に $5.5 \times 10^6$  Pa以下であることが好ましい。この下限は $4.0 \times 10^6$  Pa以上であることが好ましい。

緩和弾性率の初期値 $G_0$ をこの範囲とすることにより、保護板等の表面を押圧しても表示部に影響を与えず、表示部の歪み、色むら等の発生を確実に回避することができる。上記範囲を超えると、表示部の歪みを回避できず、割れやすくなる場合がある。下限より小さいと貼り合わせ後の機械的強度が不足し、耐熱性が低下する場合がある。

また、本発明において透明弾性層は、応力緩和弾性率の減衰曲線から求められる応力緩和弾性率 $G$ と時間 $t$ (秒)の関係式、

$$\ln G(t) = -t/\tau + \ln G_0$$

によって算出される応力緩和時間 $\tau$ が17秒以下、特に12秒以下であることが好ましく、下限としては7秒以上であることが好ましい。

このように応力緩和時間を適正化することで、表示部に生じる歪みを確実に緩和できる上、画像表示装置の表示画面の色むら等の発生を確実に防止できる。この場合、緩和時間が上記範囲を超えると静的歪みを緩和できず、色むらが発生しやすくなる場合がある。

本発明の光学機能部材一体型表示装置を得るには、画像表示板と光学機能部材とを透明弾性層を介して一体化すればよく、その製造方法は特に制限されるものではない。例えば、予め上記方法で透明弾性層を形成し、所定の接着材を塗布して接合する方法、上記透明弾性層の材料を熔融状態で上記光学機能部材または画像表示板のいずれか一方の面に塗布した後、もう一方の部材を貼り合わせ一体化させる方法等を採用することができる。一体化させる方法は、真空プレス法、ニップロール法等の公知の方法を用いることができ、界面に空気が残るような場合は、液体接着剤を併用するか、オートクレーブ装置等により加圧加熱する方法を

採用することができる。

次に実施例および比較例を示して、本発明の第2発明を更に具体的に説明する。但し本発明は以下の実施例により限定されるものではない。

#### <第2発明の実施例>

##### 参考例11（第1実施例：粒子）

図3に示す構成の表示素子をもつ画像表示板を作製した。透明基板としてガラス基板を用い、対向基板にはエポキシ板を用い、表示電極および対向電極は銅電極とした。それぞれの電極の表面に付着防止と電荷漏洩防止のために、絶縁性のシリコン樹脂を約 $3\mu\text{m}$ の厚さにコートした。負帯電性粒子として電子写真用黒色重合トナー（平均粒子径 $8\mu\text{m}$ の球形、表面電荷密度 $-50\mu\text{C}/\text{m}^2$ 、前記の表面電位測定での0.3秒後における表面電位の最大値 $450\text{V}$ ）を用いた。正帯電性粒子としては、白色顔料に酸化チタンを用い、荷電制御剤に4級アンモニウム塩系化合物を用いて、スチレンアクリル樹脂の重合粒子を作製した（平均粒子径 $8\mu\text{m}$ の球形、表面電荷密度 $+45\mu\text{C}/\text{m}^2$ 、前記の表面電位測定での0.3秒後における表面電位の最大値 $500\text{V}$ ）。粒子の帯電は、両粒子を等量混合攪拌して摩擦帯電にて行なった。隔壁の高さを $200\mu\text{m}$ として、混合された粒子の充填量は、空間の70%とした。

表示電極側を高電位に対向電極側を低電位になるように $200\text{V}$ の直流電圧を印加すると、負帯電性粒子は表示電極側に飛翔して付着し、表示素子は白色に表示された。次に印加電圧の電位を逆にすると、負帯電性粒子は対向電極側に飛翔して付着し、表示素子は黒色に表示された。

電圧印加に対する応答時間を測定したところ、 $1\text{msec}$ であった。各表示において、電圧印加を停止して1日間放置したが、表示は保たれていた。次に、電圧印加の電位反転を1万回繰り返したが、応答速度の変化は殆どなかった。

透過光量については、得られた画像表示板の表面からライトにて光を当て、反射する光を輝度計によって測定し、この時の反射光量を基準値（100%）とす

る。

#### 実施例 1 1 (第 1 実施例：粒子)

参考例 1 1 で得られた画像表示板をディスプレイ表示部として、屈折率  $n_2 = 1.49$  のガラス透明基板を表裏両面に具備したものを使用した。上記ディスプレイ表面所定の一方の透明基板上に透明弾性層としてアクリル系粘着材（綜研化学（株）製、商品名 SK ダイン 1831）を塗布し、更にこの塗布面に光学機能部材としてポリカーボネート保護窓材（厚さ 1.5 mm、屈折率  $n_1 = 1.59$ ）を貼り合わせ、光学機能部材一体型画像表示装置を作製した。

形成された透明弾性層は、厚さ 0.5 mm、屈折率  $n_0 = 1.49$ 、 $G_0 = 5.5 \times 10^6$  Pa、応力緩和時間は 12 秒であった。

この光学機能部材一体型画像表示装置における透過光量は参考例 1 1 の反射光量を基準値（100%）として、95%であった。

#### 比較例 1 1 (第 1 実施例：粒子)

参考例 1 1 で得られた画像表示板の透明基板上に、実施例 1 1 と同様のポリカーボネート保護窓材をスペーサー（高さ 0.5 mm）を介して常法に従い接合し、画像表示板の透明基板とポリカーボネート保護窓材との間に厚さ 0.5 mm の空気層を設けた光学機能部材一体型画像表示装置を作製した。この光学機能部材一体型画像表示装置における透過光量は、参考例 1 1 の反射光量を基準値（100%）として 87%であった。

次に、第 2 発明の第 2 実施例として、粉流体を利用した例について検討した。なお、以下の第 2 発明に係る実施例および比較例における粉流体の物性および表示装置の機能について、第 1 発明の例において説明した例と同じ基準に従い、評価を行った。

#### 参考例 1 2 (第 2 実施例：粉流体)

(粉流体の作製)

次の 2 種類の粉流体（粉流体 X、粉流体 Y）を作製した。

粉流体Xは、まず、メチルメタクリレートモノマー、 $\text{TiO}_2$  (20 phr)、荷電制御剤ボントロンE89 (オリエント化学(株)製、5 phr)、開始剤AIBN (0.5 phr)を用いて懸濁重合した後、分級装置にて粒子径を揃えた。次にハイブリダイザー装置(奈良機械製作所(株)製)を用いて、これらの粒子に外添剤A(シリカH2000/4、ワッカー社製)と外添剤B(シリカSS20、日本シリカ製)を投入し、4800回転で5分間処理し、外添剤を重合した粒子表面に固定化し、粉流体になるように調製した。

粉流体Yは、まず、スチレンモノマー、アゾ系化合物(5 phr)、荷電制御剤ボントロンN07 (オリエント化学(株)製、5 phr)、開始剤AIBN (0.5 phr)を用いて懸濁重合した後、分級装置にて粒子径を揃えた。次に、ハイブリダイザー装置(奈良機械製作所(株)製)を用いて、これらの粒子に外添剤A(シリカH2050、ワッカー社製)と外添剤B(シリカSS20、日本シリカ製)を投入し、4800回転で5分間処理し、外添剤を重合した粒子表面に固定化し、粉流体になるように調製した。

粉流体X及び粉流体Yの物性、すなわち前述の(1)粉流体の平均粒子径及び粒子径分布Span、(2)粉流体の最大浮遊時の見かけ体積/未浮遊時の見かけ体積の比率( $V_{\max}/V_0$ )、(3)粉流体の見かけ体積の時間変化( $V_{10}/V_5$ )および(4)粉流体の溶剤不溶率を以下に示す。

	粉流体X	粉流体Y
粒子径( $\mu\text{m}$ )	3.3	3.1
粒子径分布Span	1.6	1.7
$V_{\max}/V_0$	3.1	3.2
$V_{10}/V_5$	0.91	0.92
溶剤不溶率(%)	92	92

(画像表示板の作製)

先ず、次に述べる隔壁を形成した電極付きの基板を作製した。

約500Å厚みの酸化インジウム電極を設けたガラス基板上に、高さ250μmのリブを作り、ストライプ状の片リブ構造の隔壁を形成した。

リブの形成は次のように行なった。先ずペーストは、無機粉体としてSiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>およびZnOの混合物を、熔融、冷却、粉碎したガラス粉体を、樹脂として熱硬化性のエポキシ樹脂を準備して、溶剤にて粘度15000cpsになるように調製したペーストを作製した。

次に、ペーストを前述基板全面上に塗布し、150℃で加熱硬化させ、この塗布～硬化を繰り返す事により、厚み（隔壁の高さに相当）200μmになるように調整した（サンドブラスト法）。

これにドライフォトレジストを貼り付けて、露光～エッチングにより、ライン50μm、スペース200μm、ピッチ250μmの隔壁パターンが形成されるようなマスクを作製した。

次に、サンドブラストにより、所定の隔壁形状になるように余分な部分を除去し、所望とするストライプ状隔壁を形成した。

静電塗装機を用いて、先の酸化インジウム電極を設けたガラス基板上に粉流体Xを仮付着させ、もう一方のガラス基板上に粉流体Yを仮付着させ、間隔120μmになるようにスペーサーで調整し、両ガラス基板を合わせ、ガラス基板周辺をエポキシ系接着剤にて接着し、粉流体を封入した画像表示板を作製した。粉流体Xと粉流体Yの混合率は同重量づつとし、それら粉流体のガラス基板間への充填率は60容量%となるように調整した。ここで、基板間の粉流体を取り巻く空隙部分の気体は、相対湿度35%RHの空気とした。

得られた画像表示装置の表示機能は、最低駆動電圧が20Vであり、黒色表示時反射濃度／白色表示時反射濃度の初期コントラスト比が9.2で、応答速度は0.1msecであった。

また、20000回後のコントラスト比が8.37（保持率91%）、5日放置後のコントラスト比が8.19（保持率89%）であった。

透過光量については、得られた画像表示板の表面からライトにて光を当て、反射する光を輝度計によって測定し、この時の反射光量を基準値（１００％）とする。

#### 実施例 1 2（第 2 実施例：粉流体）

参考例で得られた画像表示板をディスプレイ表示部として、屈折率  $n_2 = 1.49$  のガラス透明基板を表裏両面に具備したものを使用した。上記ディスプレイ表面所定の一方の透明基板上に透明弾性層としてアクリル系粘着材（綜研化学（株）製、商品名 SK ダイン 1831）を塗布し、更にこの塗布面に光学機能部材としてポリカーボネート保護窓材（厚さ 1.5 mm、屈折率  $n_1 = 1.59$ ）を貼り合わせ、光学機能部材一体型画像表示装置を作製した。

形成された透明弾性層は、厚さ 0.5 mm、屈折率  $n_0 = 1.49$ 、 $G_0 = 5.5 \times 10^6$  Pa、応力緩和時間は 12 秒であった。

この光学機能部材一体型画像表示装置における透過光量は参考例 1 2 の反射光量を基準値（１００％）として、95％であった。

#### 比較例 1 2（第 2 実施例：粉流体）

参考例 1 2 で得られた画像表示板の透明基板上に、実施例 1 2 と同様のポリカーボネート保護窓材をスペーサ（高さ 0.5 mm）を介して常法に従い接合し、画像表示板の透明基板とポリカーボネート保護窓材との間に厚さ 0.5 mm の空気層を設けた光学機能部材一体型画像表示装置を作製した。この光学機能部材一体型画像表示装置における透過光量は、参考例 1 2 の反射光量を基準値（１００％）として 87％であった。

#### （第 3 発明について）

本発明の第 3 発明に係る画像表示装置の特徴は、透明基板の表面、即ち外面又は内面あるいは外面と内面に、屈折率の異なる層を 2 層以上有する反射防止層を設けたことである。

この反射防止層は屈折率の異なる層、すなわち高屈折材料と低屈折材料を交互



に積層することで、外光反射を抑制し、特定波長の光を透過させるようにすることにより、鮮明な画像を表示するものである。

反射防止層は、380～780 nmの光の反射を防止し、光反射率が10%以下であることが好ましく、特に8%以下であることが好ましい。

この反射防止層の低屈折層には導電性炭化ケイ素をターゲットとして用い、高屈折層には導電性酸化チタンをターゲットとして用いて、それぞれをスパッタリングにより形成することが好ましい。

すなわち、導電性炭化ケイ素をターゲットとすることで、割れなく高パワー印加を行うことができる。また、導電性酸化チタンおよび導電性炭化ケイ素をターゲットとすることで、製膜速度を大きくすることができる。

また、低屈折層は、 $\text{SiC}_x$ 、 $\text{SiO}_x$ 、 $\text{SiN}_x$ 、 $\text{SiC}_x\text{O}_y$ 、 $\text{SiC}_x\text{N}_y$ 、 $\text{SiO}_x\text{N}_y$ 、 $\text{SiC}_x\text{O}_y\text{N}_z$  からなる群で表されるケイ素化合物、特に $\text{SiC}_x\text{O}_y$  からなり（但し $x$ が0.1～3、好ましくは0.5～2.5、 $y$ が0.1～3、好ましくは0.5～2.5、 $z$ が0.1～3、好ましくは0.5～2.5）、高屈折層が $\text{TiO}_t$ （但し $t$ が0.1～3、好ましくは0.5～2.5）からなることが好ましい。

低屈折層と高屈折層の積層の厚さと積層数は、反射防止膜として求められる特性を持つように任意に設計され、例えば、第1層 $\text{SiC}_x\text{O}_y$  15 nm、第2層 $\text{TiO}_t$  30 nm、第3層125 nm、第4層 $\text{TiO}_t$  94.5 nm（但し、 $x$ が0.1～3、 $y$ が0.1～3、 $t$ が0.1～3）を積層することで可視光の反射防止膜の特性が得られる。このように各層の厚さは同じでなくともよく、求められる特性に応じて任意に設計される。

上記スパッタリング法は、マグネトロンスパッタリング法、特にデュアルカソードマグネトロンスパッタリング法であることが好ましい。

なお、低屈折層は不活性ガスと反応性ガスの混合ガス雰囲気下で製膜される方法が好ましく、反応性ガスとしては分子中に酸素を含むガスが用いられる。

スパッタリング時に、炭素化合物がガス化し、真空チャンパー外に排気されるようにし、炭素化合物が真空チャンパー内に堆積せず、製膜中に透明導電膜中に混入しないようにする必要がある。

供給ガスの種類、流量、圧力、供給電力などのスパッタリングの条件は、用いるターゲット、製膜速度などを考慮して、任意に設定することができる。

なお、導電性酸化チタンターゲットとは体積固有抵抗値が $2 \times 10^{-1} \Omega \cdot \text{cm}$ 以下であるターゲットを、導電性炭化ケイ素ターゲットとは体積固有抵抗値が $2 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ 以下であるターゲットを一般に意味する。導電性酸化チタンターゲットや導電性炭化ケイ素ターゲットを使用することで、製膜速度が大きくなる。

炭化ケイ素ターゲットには、炭化ケイ素粉末と非金属系焼結助剤（コータールピッチ、フェノール樹脂、フラン樹脂、エポキシ樹脂、グルコース、蔗糖、セルロース、デンプン等）との混合物を焼結させることにより得られたものが用いられ、炭化ケイ素ターゲットの密度は $2.9 \text{ g/cm}^3$ 以上であるものが好ましい。このような高密度かつ均一なターゲットであれば、スパッタリング製膜時に高入力で安定した放電を行なうことができ、製膜速度を高めることができる。

炭化ケイ素ターゲットを使用することで、炭化ケイ素から生じた炭素化合物が真空チャンパー内でガス化し、真空チャンパーの外に排気され、そのため真空チャンパー内に炭素化合物が堆積せず、製膜中の反射防止膜に混入しないという利点がある。

次に実施例および比較例を示して、本発明の第3発明を更に具体的に説明する。但し本発明は以下の実施例により限定されるものではない。

#### <第3発明の実施例>

##### 実施例21（第1実施例：粒子）

（反射防止膜の作製）

ガラス基板上に、導電性炭化ケイ素をターゲットとする2層の低屈折率層と、

導電性酸化チタンをターゲットとする2層の高屈折率層が交互に積層されてなる反射防止層を形成した。

低屈折率層の製膜は、スパッタリング装置としてマグネトロンスパッタリング装置を用い、ターゲット材料を導電性炭化ケイ素（（株）ブリヂストン製、抵抗値  $2 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ ）として、供給ガスがアルゴン  $10 \text{ c c} / \text{min}$  および酸素ガス  $3 \text{ c c} / \text{min}$ 、圧力  $5 \text{ mTorr}$ 、供給電力  $1.2 \text{ kW}$  のスパッタリング条件で行なった。

高屈折率層の製膜は、スパッタリング装置としてマグネトロンスパッタリング装置を用い、ターゲット材料を導電性酸化チタン（旭硝子（株）製、抵抗値  $2 \times 10^{-1} \Omega \cdot \text{cm}$ ）として、供給ガスがアルゴン  $10 \text{ c c} / \text{min}$ 、圧力  $5 \text{ mTorr}$ 、供給電力  $1.2 \text{ kW}$  のスパッタリング条件で行なった。

得られた反射防止層の組成、層厚および製膜時間を以下に示す。

	膜材料	膜厚 (nm)	製膜時間 (分)
第1層	$\text{SiC}_{0.8}\text{O}_{1.2}$	15.0	0.63
第2層	$\text{TiO}_{1.9}$	30.0	0.83
第3層	$\text{SiC}_{0.8}\text{O}_{1.2}$	125.0	5.21
第4層	$\text{TiO}_{1.9}$	94.5	2.63
製膜合計時間			9.29

作製した反射防止層の光学性能を図12に示す。

（画像表示装置の作製）

上記の反射防止層を有するガラス基板を用い、画像表示装置を作製した。対向基板にはエポキシ板を用い、表示電極および対向電極は銅電極とした。それぞれの電極の表面に付着防止と電荷漏洩防止のために、絶縁性のシリコン樹脂を約  $3 \mu\text{m}$  の厚さにコートした。負帯電性粒子として電子写真用黒色重合トナー（平均粒子径  $8 \mu\text{m}$  の球形、表面電荷密度  $-50 \mu\text{C} / \text{m}^2$ 、前記の表面電位測定の0.3秒後における表面電位の最大値  $450 \text{ V}$ ）を用いた。正帯電性粒子としては

、白色顔料に酸化チタンを用い、荷電制御剤に4級アンモニウム塩系化合物を用いて、スチレンアクリル樹脂の重合粒子を作製した（平均粒子径 $8\mu\text{m}$ の球形、表面電荷密度 $+45\mu\text{C}/\text{m}^2$ 、前記の表面電位測定での0.3秒後における表面電位の最大値 $500\text{V}$ ）。粒子の帯電は、両粒子を等量混合攪拌して摩擦帯電にて行なった。隔壁の高さを $200\mu\text{m}$ として、混合された粒子の充填量は、空間の70%とした。

表示電極側を高電位に対向電極側を低電位になるように $200\text{V}$ の直流電圧を印加すると、負帯電性粒子は表示電極側に飛翔して付着し、表示素子は白色に表示された。次に印加電圧の電位を逆にすると、負帯電性粒子は対向電極側に飛翔して付着し、表示素子は黒色に表示された。

電圧印加に対する応答時間を測定したところ $1\text{msec}$ であった。各表示において、電圧印加を停止して1日間放置したが、表示は保たれていた。

次に、電圧印加の電位反転を1万回繰り返したが、応答速度の変化は殆どなかった。

#### 参考例21（第1実施例：粒子）

実施例21において、ケイ素をターゲットとする2層の低屈折率層と、チタンをターゲットとする2層の高屈折率層が交互に積層されてなる反射防止層をガラス基板上に形成した。

低屈折率層の製膜は、スパッタリング装置としてマグネトロンスパッタリング装置を用い、ターゲット材料をSiとして、供給ガスがアルゴン $5\text{cc}/\text{min}$ および酸素ガス $5\text{cc}/\text{min}$ 、圧力 $5\text{mTorr}$ 、供給電力 $1.2\text{kW}$ のスパッタリング条件で行なった。

高屈折率層の製膜は、スパッタリング装置としてマグネトロンスパッタリング装置を用い、ターゲット材料をTiとして、供給ガスがアルゴン $5\text{cc}/\text{min}$ および酸素ガス $5\text{cc}/\text{min}$ 、圧力 $5\text{mTorr}$ 、供給電力 $1.2\text{kW}$ のスパッタリング条件で行なった。

低屈折率層および高屈折率層の層厚は実施例 2 1 同様とした。製膜時間は、第 1 層が 7. 5 0 分、第 2 層が 1 0. 0 0 分、第 3 層が 6 2. 5 0 分、第 4 層が 3 1. 5 0 分で、製膜合計時間は 1 1 1. 5 0 分であった。

実施例 2 1 より本発明の画像表示装置は、応答速度が速く、かつ安定性に優れており、また、反射防止層において可視光線の反射率が極めて低いことから、鮮明な画像が得られることが分かる。

また、参考例 2 1 では製膜時間が約 2 時間かかっているのに対して、実施例 2 1 では約 9 分半で 4 層の反射防止層が得られており、低屈折層で導電性炭化ケイ素をターゲットとし、高屈折層で導電性酸化チタンをターゲットとしてスパッタリングにより形成することにより、極めて短時間で反射防止層の製膜を行なうことができることが分かる。

次に、第 3 発明の第 2 実施例として、粉流体を利用した例について検討した。なお、以下の第 3 発明に係る実施例および比較例における粉流体の物性および表示装置の機能について、第 1 発明の例において説明した例と同じ基準に従い、評価を行った。

#### 実施例 2 2 (第 2 実施例：粉流体)

##### (反射防止膜の作製)

ガラス基板上に、導電性炭化ケイ素をターゲットとする 2 層の低屈折率層と、導電性酸化チタンをターゲットとする 2 層の高屈折率層が交互に積層されてなる反射防止層を形成した。

低屈折率層の製膜は、スパッタリング装置としてマグネトロンスパッタリング装置を用い、ターゲット材料を導電性炭化ケイ素（（株）ブリヂストン製、抵抗値  $2 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ ）として、供給ガスがアルゴン  $10 \text{ cc/min}$  および酸素ガス  $3 \text{ cc/min}$ 、圧力  $5 \text{ mTorr}$ 、供給電力  $1.2 \text{ kW}$  のスパッタリング条件で行なった。

高屈折率層の製膜は、スパッタリング装置としてマグネトロンスパッタリング

装置を用い、ターゲット材料を導電性酸化チタン（旭硝子（株）製、抵抗値  $2 \times 10^{-1} \Omega \cdot \text{cm}$ ）として、供給ガスがアルゴン  $10 \text{ cc/min}$ 、圧力  $5 \text{ mTorr}$ 、供給電力  $1.2 \text{ kW}$  のスパッタリング条件で行なった。

得られた反射防止層の組成、層厚および製膜時間を以下に示す。

	膜材料	膜厚 (nm)	製膜時間 (分)
第1層	$\text{SiC}_{0.8}\text{O}_{1.2}$	15.0	0.63
第2層	$\text{TiO}_{1.9}$	30.0	0.83
第3層	$\text{SiC}_{0.8}\text{O}_{1.2}$	125.0	5.21
第4層	$\text{TiO}_{1.9}$	94.5	2.63
製膜合計時間			9.29

作製した反射防止層の光学性能を図12に示す。

#### （粉流体の作製）

次に2種類の粉流体（粉流体X、粉流体Y）を作製した。

粉流体Xは、まず、メチルメタクリレートモノマー、 $\text{TiO}_2$ （ $20 \text{ phr}$ ）、荷電制御剤ボントロンE89（オリエント化学（株）製、 $5 \text{ phr}$ ）、開始剤AIBN（ $0.5 \text{ phr}$ ）を用いて懸濁重合した後、分級装置にて粒子径を揃えた。次にハイブリダイザー装置（奈良機械製作所（株）製）を用いて、これらの粒子に外添剤A（シリカH2000/4、ワッカー社製）と外添剤B（シリカSS20、日本シリカ製）を投入し、4800回転で5分間処理し、外添剤を重合した粒子表面に固定化し、粉流体になるように調製した。

粉流体Yは、まず、スチレンモノマー、アゾ系化合物（ $5 \text{ phr}$ ）、荷電制御剤ボントロンN07（オリエント化学（株）製、 $5 \text{ phr}$ ）、開始剤AIBN（ $0.5 \text{ phr}$ ）を用いて懸濁重合した後、分級装置にて粒子径を揃えた。次に、ハイブリダイザー装置（奈良機械製作所（株）製）を用いて、これらの粒子に外添剤A（シリカH2050、ワッカー社製）と外添剤B（シリカSS20、日本シリカ製）を投入し、4800回転で5分間処理し、外添剤を重合した粒子表

面に固定化し、粉流体になるように調製した。

粉流体X及び粉流体Yの物性、すなわち前述の(1)粉流体の平均粒子径及び粒子径分布、(2)粉流体の最大浮遊時の見かけ体積／未浮遊時の見かけ体積の比率、(3)粉流体の見かけ体積の時間変化( $V_{10}/V_5$ )および(4)粉流体の溶剤不溶率を以下に示す。

	粉流体X	粉流体Y
粒子径 ( $\mu\text{m}$ )	3.3	3.1
粒子径分布 S p a n	1.6	1.7
$V_{\text{max}}/V_0$	3.1	3.2
$V_{10}/V_5$	0.91	0.92
溶剤不溶率 (%)	92	92

(画像表示装置の作製)

上記の反射防止層を有するガラス基板を用い、画像表示装置を作製した。

まず、次に述べる隔壁を形成した電極付きの基板を作製した。約500Å厚みの酸化インジウム電極を設けた上記の反射防止層を有するガラス基板上に、高さ250 $\mu\text{m}$ のリブを作り、ストライプ状の片リブ構造の隔壁を形成した。

リブの形成は次のように行なった。まずペーストは、無機粉体として $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{B}_2\text{O}_3$ および $\text{ZnO}$ の混合物を、溶融、冷却、粉碎したガラス粉体を、樹脂として熱硬化性のエポキシ樹脂を準備して、溶剤にて粘度15000cpsになるように調製したペーストを作製した。

次に、ペーストを前述基板全面上に塗布し、150℃で加熱硬化させ、この塗布～硬化を繰り返す事により、厚み(隔壁の高さに相当)200 $\mu\text{m}$ になるように調製した(サンドブラスト法)。

これにドライフォトレジストを貼り付けて、露光～エッチングにより、ライン50 $\mu\text{m}$ 、スペース200 $\mu\text{m}$ 、ピッチ250 $\mu\text{m}$ の隔壁パターンが形成されるようなマスクを作製した。

次に、サンドブラストにより、所定の隔壁形状になるように余分な部分を除去し、所望とするストライプ状隔壁を形成した。

静電塗装機を用いて、先の酸化インジウム電極を設けたガラス基板上に粉流体Xを仮付着させ、もう一方のガラス基板上に粉流体Yを仮付着させ、間隔120 $\mu$ mになるようにスプレーで調整し、両ガラス基板を合わせ、ガラス基板周辺をエポキシ系接着剤にて接着し、粉流体を封入した表示装置を作製した。粉流体Xと粉流体Yの混合率は同重量づつとし、それら粉流体のガラス基板間への充填率は60容量%となるように調製した。ここで、基板間の粉流体を取り巻く空隙部分の気体は、相対湿度35%RHの空気とした。

得られた画像表示装置の表示機能は、最低駆動電圧が20Vであり、黒色表示時反射濃度／白色表示時反射濃度の初期コントラスト比が9.2で、応答速度は0.1msecであった。

また、20000回後のコントラスト比が8.37（保持率91%）、5日放置後のコントラスト比が8.19（保持率89%）であった。

#### 参考例22（第2実施例：粉流体）

実施例22において、ケイ素をターゲットとする2層の低屈折率層と、チタンをターゲットとする2層の高屈折率層が交互に積層されてなる反射防止層をガラス基板上に形成した。

低屈折率層の製膜は、スパッタリング装置としてマグネトロンスパッタリング装置を用い、ターゲットをSiとして、供給ガスがアルゴン5cc/minおよび酸素ガス5cc/min、圧力5mTorr、供給電力1.2kWのスパッタリング条件で行なった。

高屈折率層の製膜は、スパッタリング装置としてマグネトロンスパッタリング装置を用い、ターゲットをTiとして、供給ガスがアルゴン5cc/minおよび酸素ガス5cc/min、圧力5mTorr、供給電力1.2kWのスパッタリング条件で行なった。



低屈折率層および高屈折率層の層厚は実施例 1 と同様とした。製膜時間は、第 1 層が 7.50 分、第 2 層が 10.00 分、第 3 層が 62.50 分、第 4 層が 31.50 分で、製膜合計時間は 111.50 分であった。

実施例 22 より本発明の画像表示装置は、応答速度が速く、最低駆動電圧が 20 V と低いので、簡単な構造となり、安価であり、かつ、安定性に優れている。また、コントラスト比が高く、反射防止層において可視光線の反射率が極めて低いことから、鮮明な画像が得られることが分かる。

また、参考例 22 では製膜時間が約 2 時間かかっているのに対して、実施例 22 では約 9 分半で 4 層の反射防止層が得られており、低屈折層で導電性炭化ケイ素をターゲットとし、高屈折層で導電性酸化チタンをターゲットとしてスパッタリングにより形成することにより、極めて短時間で反射防止層の製膜を行なうことができることが分かる。

(第 4 発明について)

本発明の第 4 発明に係る画像表示装置の特徴は、上述した構成の画像表示板において、透明基板 1 と対向基板 2 とを、熱硬化型の接着剤または光硬化型の接着剤を用いて接続する点である。具体的に、図 13 (a) ~ (c) を参照して、本発明の画像表示装置の画像表示板 31 における透明基板 1 と対向基板 2 との接着について、以下、詳細に説明する。

まず、2 つの基板を準備する。すなわち、図 13 (a) に示すように、その表面に表示電極 3 を設けた透明基板 1 と、その一表面に対向電極 4 を設けた対向基板 2 と、を準備する。表示電極 3 は各画像表示素子 32 毎に設けられ、表示電極 3、3 の間には、隔壁 7 を設置するための隙間が設けられている。対向電極 4 は同様に各画像表示素子 32 毎に設けられ、対向電極 4、4 の間からは隔壁 7 が立設されている。

次に、シール用接着剤を準備し、粒子の充填と接着剤の塗布を行う。まず、接着剤として、熱硬化型の接着剤または光硬化型の接着剤、好ましくは、グリシジ

ル基、アクリル基、メタクリル基を持つ化合物を1種類以上含む接着剤を準備する。熱硬化型接着剤または光硬化型接着剤であれば、従来から公知のどのような接着剤でも使用可能だが、好ましい一例として、東ソーEVAウルトラセンUE750Rを100重量部に対し、ネオペンチルグリコールジメタクリレート40重量部、ベンゾイルパーオキサイド2重量部を配合したシール用接着剤を準備する。そして、図13(b)に示すように、隔壁7の間の画像表示素子32を構成する空間に白色の負帯電性粒子5と黒色の正帯電性粒子6とを充填するとともに、透明基板1の4辺の枠部に、ディスペンサーにて準備した接着剤33を塗布する。

最後に、2枚の基板のセットと熱または光照射によるシール用接着剤の硬化を行う。すなわち、図13(c)に示すように、接着剤33を介して透明基板1と対向基板2とを貼り合わせた状態でセットし、接着剤33のタイプに応じて熱または光を照射して（上記一例として示した組成の接着剤の場合は、130℃で10分間加熱して）、シール用接着剤33を硬化させる。以上の工程を経て、画像表示板31を得ている。

なお、図13(a)～(c)に示す例では、図示した断面に3個の画像表示素子32を設けているが、その数が3個に限られるものでないことは、いうまでもない。また、上述した例では、透明基板1に表示電極を設け、対向基板2に対向電極4を設けた図8に示す構成の画像表示板の例について説明したが、対向基板2に表示電極3と対向電極4を設けた図7に示す構成の画像表示板でも、同様の効果を得られることは明らかである。

#### (第5発明について)

本発明の第5発明に係る画像表示装置の特徴は、透明基板1と対向基板2との間に設けた隔壁7により、各画像表示素子を形成し、その際、隔壁7の形状を、対向基板2側の底部幅 $w_b$ が透明基板1側の頭部幅 $w_t$ より大きく構成する点である。

図15 (a)、(b)はそれぞれ本発明の画像表示装置で用いる隔壁7の形状の一例を示す縦断面図である。通常は、図15 (a)に示すように、対向基板2側の底部幅 $w_b$ が透明基板1側の頭部幅 $w_t$ より大きい断面台形状、より好ましくは、頭部幅 $w_t$ と底部幅 $w_b$ との比 $w_t/w_b$ を0.5以下となる断面台形状とする。しかし、図15 (b)に示すように、頭部幅 $w_t$ がほとんど0で断面がほぼ三角形状のものも利用することができる。この比が0に近くなると頭部幅 $w_t$ も0に近づくこととなり、その場合は、粒子除去の効果と表示面積拡大の効果をより高めることができるが、あまり極端だと透明基板1と隔壁7との接合が不十分になる場合があるため、その接合の程度を考慮して頭部幅 $w_t$ を決める必要がある。

このように隔壁7の形状を最適化することで、隔壁7の断面が長方形で、透明基板1側の隔壁7の頭部幅 $w_t$ と対向基板2側の隔壁の底部幅 $w_b$ とが同じ幅の従来例の場合と比較して、透明基板1の開口率を大きくでき、表示面積を大きくすることができる。また、粒子を、対向基板2上において隔壁7で囲まれた画像表示素子の空間内に充填するとき、前記従来例の場合と比較して、空間の開口率を大きくすることができ、しかも、平面となる頭部幅 $w_t$ の部分が小さいためその部分に粒子が残ることも少なく、粒子を頭部幅 $w_t$ の部分から除去する工程も無くなり、画像表示装置の製造時の粒子の取扱いを簡単にすることができる。

第5発明の具体的な例を、図14 (a)～(c)及び図16に示す。いずれも隔壁7の形状を最適化した点に特徴がある。図14 (a)は本発明の可逆画像表示装置において、対向する透明基板1と対向基板2との間に負帯電性粒子5及び正帯電性粒子を配置した状態を示す。この状態のものに、電源により表示電極3側と、対向電極4側に電位差ができるように電圧を付加すると、図14 (b)に示すようにクーロン力によって、正帯電性粒子6は表示電極3側に移動し、負帯電性粒子5は対向電極4側に移動する。この場合、透明基板1側から見る表示面は正帯電性粒子6の色に見える。次に電源の電位を切り替えて、表示電極3と、

対向電極 4 に前記とは逆の電位差ができるように電圧を付加すると、図 1 4 (c) に示すようにクーロン力によって、負帯電性粒子 5 は表示電極 3 に移動し、正帯電性粒子 6 は対向電極 4 の側に移動する。この場合、透明基板 1 側から見る表示面は負帯電性粒子 5 の色に見える。

図 1 4 (b) と図 1 4 (c) の間は電源の電位を反転するだけで繰り返し表示することができ、このように電源の電位を反転することで可逆的に色を変化させることができる。例えば、負帯電性粒子 5 を白色とし、正帯電性粒子 6 を黒色とするか、負帯電性粒子 5 を黒色とし、正帯電性粒子 6 を白色とすると、表示は白色と黒色間の可逆表示となる。本発明の方式では各粒子は電極に鏡像力により貼り付いた状態にあるので、電源を切った後も表示画像は長期に保持され、メモリー保持性が良い。

電極については、図 1 4 に示す例では電位の異なる 2 種類の電極である表示電極 3 及び対向電極 4 はいずれもが対向基板 2 の透明基板 2 と対向する側に具備されている。他の電極配置方法としては、図 1 6 のように表示電極 3 を透明基板 1 上に配置し、対向電極 4 を対向基板 2 に配置する方式もあるが、この場合、表示電極 3 として透明な電極が必要である。図 1 4 に示す例では、表示電極 3 と対向電極 4 の両者は不透明な電極で良いので、銅、アルミニウム等の安価で、かつ抵抗の低い金属電極が使用できる。外部電圧印加は、直流あるいはそれに交流を重ねても良い。各電極は帯電した粒子の電荷が逃げないように絶縁性のコート層を形成することが好ましい。このコート層は、負帯電性粒子に対しては正帯電性の樹脂を、正帯電性粒子に対しては負帯電性の樹脂を用いると粒子の電荷が逃げ難いので特に好ましい。

なお、上述した例は、粒子の代わりに粉流体を用いても同じである。

次に実施例および比較例を示して、本発明の第 5 発明を更に具体的に説明する。但し本発明は以下の実施例により限定されるものではない。

#### <第 5 発明の実施例>

#### 実施例 4 1 (第 1 実施例：粒子)

図 1 7 に示すようにポリカーボネート 4 1 を対向基板 2 に積層した後、モールド 4 2 にて型を転写し、隔壁構造を形成した。隔壁 7 の底部幅は頭部幅よりも大きかった。粒子 5、6 を隔壁構造により散布法により充填後、透明基板 1 を貼り合わせる際、不要な粒子を隔壁 7 の先端より除去する必要があるが、隔壁 7 上の面積が狭い本構造では粒子 5、6 を容易に除去することができた。粒子除去後、透明基板 1 と対向基板 2 の位置決めを行い、透明基板 1 と隔壁 7 との間にシール材を塗布して透明基板 1 と隔壁 7 との貼り合わせを行った。その結果、表示面積がある程度大きく隔壁 7 と透明基板 1 との接着性も良好な画像表示装置を得ることができた。

#### 実施例 4 2 (第 1 実施例：粒子)

図 1 8 に示すように、対向基板 2 にモールド 4 2 を押し付け、UV 硬化性アクリル樹脂を流し込んだ。UV を対向基板 2 (ガラス基板) 側から  $1000 \text{ mJ/cm}^2$  照射し、樹脂を硬化させ、隔壁構造を形成した。隔壁 7 の底部幅は頭部幅よりも実施例 4 1 と比べてさらに大きかった。粒子 5、6 を隔壁構造に散布法により充填後、透明基板 1 を貼り合わせる際、不要な粒子を隔壁 7 の先端より除去する必要があるが、隔壁 7 上の面積が極めて狭い本構造では粒子 5、6 を除去する必要はなかった。粒子を隔壁構造に充填した後透明基板 1 と対向基板 2 の位置決めを行い、透明基板 1 と隔壁 7 との間にシール材を塗布して透明基板 1 と隔壁 7 との貼り合わせを行った。その結果、表示面積が極めて大きく隔壁 7 と透明基板 1 との接着性もある程度良好な画像表示装置を得ることができた。

#### 比較例 4 1 (第 1 実施例：粒子)

図 1 9 に示すように、フォトリソ法により、露光・現像工程で隔壁構造を形成した。粒子 5、6 を隔壁構造に散布法により充填後、透明基板 1 を貼り合わせる際、不要な粒子を隔壁 7 の先端より除去する必要があるが、本構造では隔壁 7 上の面積が広く、粒子除去を十分にすることがあり、工程が煩雑になってしまう間

題があった。

次に、第5発明の第2実施例として、粉流体を利用した例について検討した。

#### 実施例43（第2実施例：粉流体）

図17に示すようにポリカーボネート41を対向基板2に積層した後、モールド42にて型を転写し、隔壁構造を形成した。隔壁7の底部幅は頭部幅よりも大きかった。粉流体5、6を隔壁構造により散布法により充填後、透明基板1を貼り合わせる際、不要な粉流体を隔壁7の先端より除去する必要があるが、隔壁7上の面積が狭い本構造では粉流体5、6を容易に除去することができた。粉流体除去後、透明基板1と対向基板2の位置決めを行い、透明基板1と隔壁7との間にシール材を塗布して透明基板1と隔壁7との貼り合わせを行った。その結果、表示面積がある程度大きく隔壁7と透明基板1との接着性も良好な画像表示装置を得ることができた。

#### 実施例44（第2実施例：粉流体）

図18に示すように、対向基板2にモールド42を押し付け、UV硬化性アクリル樹脂を流し込んだ。UVを対向基板2（ガラス基板）側から1000mJ/cm<sup>2</sup>照射し、樹脂を硬化させ、隔壁構造を形成した。隔壁7の底部幅は頭部幅よりも実施例43と比べてさらに大きかった。粉流体5、6を隔壁構造に散布法により充填後、透明基板1を貼り合わせる際、不要な粉流体を隔壁7の先端より除去する必要があるが、隔壁7上の面積が極めて狭い本構造では粉流体5、6を除去する必要はなかった。粉流体を隔壁構造に充填した後透明基板1と対向基板2の位置決めを行い、透明基板1と隔壁7との間にシール材を塗布して透明基板1と隔壁7との貼り合わせを行った。その結果、表示面積が極めて大きく隔壁7と透明基板1との接着性もある程度良好な画像表示装置を得ることができた。

#### 比較例42（第2実施例：粉流体）

図19に示すように、フォトリソ法により、露光・現像工程で隔壁構造を形成した。粉流体5、6を隔壁構造に散布法により充填後、透明基板1を貼り合わせ

る際、不要な粉流体を隔壁 7 の先端より除去する必要があるが、本構造では隔壁 7 上の面積が広く、粉流体除去を十分にすることがあり、工程が煩雑になってしまう問題があった。

(第 6 発明について)

本発明の第 6 発明に係る画像表示装置の製造方法の特徴は、上述した構成の画像表示装置を製造するにあたり、画像表示素子を形成する隔壁 7 の製造方法を改良した点にある。すなわち、図 20 に示すように、対向基板 2 上に形成した隔壁 7 の先端に接着剤 5 1 を設け、隔壁 7 と透明基板 1 とを接着剤 5 1 を介して固定して、透明基板 1 と対向基板 2 との間に隔壁 7 により画像表示素子を形成するか、図 21 に示すように、透明基板 1 と対向基板 2 の両者に隔壁 7-1、7-2 を設け、一方の隔壁の先端ここでは隔壁 7-1 の先端に接着剤 5 1 を設け、隔壁 7-1、7-2 を接着剤 5 1 を介して固定して、透明基板 1 と対向基板 2 との間に隔壁 7 により画像表示素子を形成している。なお、図 20 及び図 21 に示した例では、説明を簡単にするために、負帯電性粒子 5 及び正帯電性粒子 6 と電極 3、4 を省略して説明を行っているが、実際は、これらの部材が存在する。また、粉流体でも同様である。

このようにして隔壁 7 を形成することにより、透明基板 1 と対向基板 2 との間に強固に隔壁 7 を形成することができ、画像表示素子を構成する空間中に、粒子の流出を抑制した状態で所定量の粒子を完全に封入することができる。

次に実施例および比較例を示して、本発明の第 6 発明を更に具体的に説明する。但し本発明は以下の実施例により限定されるものではない。

<第 6 発明の実施例>

実施例 5 1 (第 1 実施例：粒子)

図 22 に示すように、対向基板 2 上に隔壁 7 を配置し、隔壁 7 間に形成された画像表示素子を構成する空間内に負帯電性粒子 5、正帯電性粒子 6 を充填した。その状態で、熱硬化型接着剤 5 2 を隔壁 7 の先端にスクリーン印刷し、透明基板

1を対向基板2に対し位置決めし、 $100^{\circ}\text{C} \times 20\text{分} \times 0.1\text{MPa}$ にて加熱加圧し、隔壁7と透明基板1とを接着剤52を介して接合した。熱硬化型接着剤12としては、有機過酸化物を配合したラジカル重合性の接着剤を用いた。そして、初期特性と5000万回表示を繰り返した後の表示特性を求め評価した。評価方法は、光学濃度計を用い、画像表示装置に電圧を印加したときの最大OD値及び最小OD値の差分をコントラスト比として算出した。結果を以下の表4に示す。

#### 実施例52（第1実施例：粒子）

図23に示すように、対向基板2上に隔壁7を配置し、隔壁7間に形成された画像表示素子を構成する空間内に負帯電性粒子5、正帯電性粒子6を充填した。その状態で、透明基板1の対向基板2と対向する面全体にUV硬化性接着剤53をラミネートし、透明基板1を対向基板2に対し位置決めし、 $1000\text{mJ}/\text{cm}^2$ のUVを照射し、隔壁7と透明基板1とを接着剤53を介して接合した。そして、初期特性と5000万回表示を繰り返した後の表示特性を求め、実施例51と同様にして評価した。結果を以下の表4に示す。

#### 比較例51（第1実施例：粒子）

図24に示すように、対向基板2上に隔壁7を配置し、隔壁7に形成された画像表示素子を構成する空間内に負帯電性粒子5、正帯電性粒子6を充填した。その状態で、隔壁7に対する接着剤の塗布を行わず、透明基板1と対向基板2との位置決めだけを行い、透明基板1と対向基板2を積層し、透明基板1と隔壁7の角部にシール剤を設けて接合した。そして、そして、初期特性と5000万回表示を繰り返した後の表示特性を求め、実施例51と同様にして評価した。結果を以下の表4に示す。



表 4

	初期表示特性	5000万回表示後の表示特性
実施例51	15	13
実施例52	13	12
比較例51	14	3

表4の結果から、本発明の製造方法に従った実施例51、52では、5000万回表示後もコントラストの劣化がほとんど見られなかったのに対し、従来の製造方法に従った比較例51では、画像表示素子間を粒子が移動してしまうために、著しい表示劣化が観察された。

次に、第6発明の第2実施例として、粉流体を利用した例について検討した。

#### 実施例53（第2実施例：粉流体）

図22に示すように、対向基板2上に隔壁7を配置し、隔壁7間に形成された画像表示素子を構成する空間内に負帯電性粉流体5、正帯電性粉流体6を充填した。その状態で、熱硬化型接着剤52を隔壁7の先端にスクリーン印刷し、透明基板1を対向基板2に対し位置決めし、100℃×20分×0.1MPaにて加熱加圧し、隔壁7と透明基板1とを接着剤52を介して接合した。熱硬化型接着剤52としては、有機過酸化物を配合したラジカル重合性の接着剤を用いた。そして、初期特性と5000万回表示を繰り返した後の表示特性を求め評価した。評価方法は、光学濃度計を用い、画像表示装置に電圧を印加したときの最大OD値および最小OD値の差分をコントラスト比として算出した。結果を以下の表5に示す。

#### 実施例54（第2実施例：粉流体）

図23に示すように、対向基板2上に隔壁7を配置し、隔壁7間に形成された画像表示素子を構成する空間内に負帯電性粉流体5、正帯電性粉流体6を充填した。その状態で、透明基板1の対向基板2と対向する面全体にUV硬化性接着剤53をラミネートし、透明基板1を対向基板2に対し位置決めし、1000mJ

／ $\text{cm}^2$ のUVを照射し、隔壁7と透明基板1とを接着剤53を介して接合した。そして、初期特性と5000万回表示を繰り返した後の表示特性を求め、実施例53と同様にして評価した。結果を以下の表5に示す。

比較例52（第2実施例：粉流体）

図24に示すように、対向基板2上に隔壁7を配置し、隔壁7に形成された画像表示素子を構成する空間内に負帯電性粉流体5、正帯電性粉流体6を充填した。その状態で、隔壁7に対する接着剤の塗布を行わず、透明基板1と対向基板2との位置決めだけを行い、透明基板1と対向基板2を積層し、透明基板1と隔壁7の角部にシール剤を設けて接合した。そして、そして、初期特性と5000万回表示を繰り返した後の表示特性を求め、実施例53と同様にして評価した。結果を以下の表5に示す。

表 5

	初期表示特性	5000万回表示後の表示特性
実施例53	16	14
実施例54	15	13
比較例52	15	3

表5の結果から、本発明の製造方法に従った実施例53、54では、5000万回表示後もコントラストの劣化がほとんど見られなかったのに対し、従来の製造方法に従った比較例52では、画像表示素子間を粒子が移動してしまうために、著しい表示劣化が観察された。

産業上の利用可能性

以上の説明から明らかなように、本発明の第1発明に係る画像表示装置によれば、応答速度が速く、単純な構造で、安価かつ安定性に優れると共に、画像を表示させるために回路を印刷する信号を送る電極等の部材と基板との接続に異方性導電フィルムを用いることにより、電極等の部材を基板に低温短時間で装着でき

るという特性があり、電極等を装着する際の基板への悪影響を最小限に抑えることができ、優れた性能の画像表示装置を効率良く製造することができる。

また、本発明の第2発明に係る画像表示装置によれば、応答速度が速く、単純な構造で、安価かつ安定性に優れると共に、画像表示板を光学機能部材と透明弾性層を介して一体化することにより、コントラスト比の低下や、表示画面の歪み、色むら等の発生を確実に防止することができ、鮮明な画像が得られる。

さらに、本発明の第3発明に係る画像表示装置によれば、応答速度が速く、単純な構造で、安価かつ安定性に優れていると共に、外光反射が抑制されることから、コントラストが高く、鮮明な画像が得られる。

また、低屈折層で導電性炭化ケイ素をターゲットとし、高屈折層で導電性酸化チタンをターゲットとしてスパッタリングにより形成することにより、極めて短時間で反射防止層の製膜を行なうことができ、生産性に富んだ反射防止膜を容易に作製することができる。

さらにまた、本発明の第4発明に係る画像表示装置によれば、2枚の基板、具体的には透明基板と対向基板を、熱硬化型の接着剤または光硬化型の接着剤を用いて接続しているため、接着剤を介して2枚の基板を所定の位置にセットした後、熱または光を照射することで短時間に接着剤を硬化させることができ、基板間の位置ずれ、及び、粒子または粉流体の漏れをなくすることができる。これにより、画像表示板の高い画像表示精度を実現することができる。

また、本発明の第5発明に係る画像表示装置によれば、隔壁の形状を、対向基板側の底部幅 $w_b$ が透明基板側の頭部幅 $w_t$ より大きくすることで、透明基板と接する隔壁の部分を少なくでき、表示面積を大きくできるとともに、粒子または粉流体を隔壁で囲まれた画像表示素子の内部に充填する際、隔壁の頭部に残る粒子または粉流体を少なくでき、製造時の粒子または粉流体の取扱いを簡単にすることができる。

さらに、本発明の第6発明に係る画像表示装置の製造方法によれば、透明基板

及び対向基板の一方または両方に隔壁を形成し、隔壁の先端に接着剤を設け、隔壁と他方の基板または隔壁同士を接着剤を介して接合することで、隔壁と基板との間の接合、あるいは、隔壁同士の接合を強固に行うことができ、粒子または粉流体が隔壁を越えて移動してしまう弊害を防ぎ、粒子または粉流体の封止をほぼ完全に行うことができる。

## 請 求 の 範 囲

1. 少なくとも一方が透明な対向する2枚の基板間に、1種類以上の粒子群を封入し、該粒子群に電界を与えて粒子を移動させ画像を表示する画像表示装置であって、画像表示の回路へ印加する信号を送る部材を異方性導電フィルムにより基板に装着してなることを特徴とする画像表示装置。
2. 異方性導電フィルムが熱硬化性接着剤または光硬化性接着剤中に導電性粒子を分散してなるものである請求項1に記載の画像表示装置。
3. 熱硬化性接着剤または光硬化性接着剤中に分散する導電性粒子の径が0.1～20 $\mu\text{m}$ である請求項2に記載の画像表示装置。
4. 熱硬化性接着剤または光硬化性接着剤がグリシジル基、アクリル基およびメタクリル基のいずれかを持つ化合物を1種類以上含むものである請求項2または3に記載の画像表示装置。
5. 少なくとも一方が透明な対向する2枚の基板間に、1種類以上の粒子群を封入し、電位の異なる2種類の電極から該粒子群に電界を与えて粒子を移動させ画像を表示する画像表示板と、光学機能部材とを具備してなり、該画像表示板と光学機能部材とが透明弾性層を介して一体化されていることを特徴とする画像表示装置。
6. 透明弾性層の屈折率を $n_0$ とし、光学機能部材の屈折率を $n_1$ とし、更に画像表示板の透明基板の屈折率を $n_2$ とした場合、 $n_0$ と $n_1$ との差の絶対値および $n_0$ と $n_2$ の差の絶対値がそれぞれ0.2以下である請求項5に記載の画像表示装置。
7. 透明弾性層が、応力緩和特性の25℃における歪み( $\epsilon_0$ )を5%とし、応力緩和弾性率の初期値(0.05秒後)を $G_0$ とした場合、 $G_0$ が $6.5 \times 10^6 \text{ Pa}$ 以下であり、応力緩和弾性率の減衰曲線から求められる応力緩和弾性率 $G$ と時間 $t$ (秒)の関係式、

$$\ln G(t) = -t/\tau + \ln G_0$$

によって算出される応力緩和時間 $\tau$ が17秒以下である請求項5または6に記載の画像表示装置。

8. 少なくとも一方が透明な対向する2枚の基板間に、1種類以上の粒子群を封入し、電位の異なる2種類の電極から該粒子群に電界を与えて粒子を移動させ画像を表示する画像表示装置であって、透明基板の表面に屈折率の異なる複数の層からなる反射防止層を設けることを特徴とする画像表示装置。

9. 反射防止層が、導電性炭化ケイ素をターゲットとして用いてスパッタリングにより形成された低屈折層と、導電性酸化チタンをターゲットとして用いてスパッタリングにより形成された高屈折層とが互いに積層されてなるものである請求項8に記載の画像表示装置。

10. 反射防止層が380～780nmの光の反射を防止し、光反射率が10%以下である請求項8または9に記載の画像表示装置。

11. 少なくとも一方が透明な対向する2枚の基板の間に色および帯電特性の異なる2種類以上の粒子群を封入し、前記基板の一方または双方に設けた電極からなる電極対から前記粒子群に電界を与えて、前記粒子を移動させて画像を表示する画像表示板を具備する画像表示装置であって、画像表示板の2枚の基板を、熱硬化型の接着剤または光硬化型の接着剤を用いて接続することを特徴とする画像表示装置。

12. 前記熱硬化型の接着剤または光硬化型の接着剤が、グリシジル基、アクリル基、メタクリル基を持つ化合物を1種類以上含む請求項11に記載の画像表示装置。

13. 少なくとも一方が透明な対向する2枚の基板間に、色及び帯電特性の異なる2種類以上の粒子群を封入し、電位の異なる2種類の電極から粒子群に電界を与えて、粒子を移動させ画像を表示する画像表示板を備える画像表示装置であって、隔壁により互いに隔離された1つ以上の画像表示素子を持つとともに、隔

壁の形状が、対向基板側の底部幅 $w_b$ が透明基板側の頭部幅 $w_t$ より大きいことを特徴とする画像表示装置。

14. 前記対向基板側の底部幅 $w_b$ と透明基板側の頭部幅 $w_t$ との比 $w_t/w_b$ が0.5以下である請求項13記載の画像表示装置。

15. 粒子群の色が白色及び黒色である請求項13または14に記載の画像表示装置。

16. 粒子の平均粒子径が $0.1 \sim 50 \mu m$ である請求項1～15のいずれか1項に記載の画像表示装置。

17. 同じ種類のキャリアを用いてブローオフ法により測定した2種類の粒子の、表面電荷密度の差の絶対値が、 $5 \mu C/m^2 \sim 150 \mu C/m^2$ である請求項1～16のいずれか1項に記載の画像表示装置。

18. 粒子が、その表面と1mmの間隔をもって配置されたコロナ放電器に、8KVの電圧を印加してコロナ放電を発生させて表面を帯電させた場合に、0.3秒後における表面電位の最大値が300Vより大きい粒子である請求項1～17のいずれか1項に記載の画像表示装置の製造方法。

19. 少なくとも一方が透明な対向する1枚の基板間に、色及び帯電特性の異なる2種類以上の粒子群を封入し、電位の異なる2種類の電極から粒子群に電界を与えて、粒子を移動させ画像を表示する、隔壁により互いに隔離された1つ以上の画像表示素子を持つ画像表示板を備える画像表示装置の製造方法であって、前記透明基板及び対向基板の一方または両方に隔壁を形成し、隔壁の先端に接着剤を設け、隔壁と他方の基板または隔壁同士を接着剤を介して接合したことを特徴とする画像表示装置の製造方法。

20. 粒子の平均粒子径が $0.1 \sim 50 \mu m$ である請求項19に記載の画像表示装置の製造方法。

21. 同じ種類のキャリアを用いてブローオフ法により測定した2種類の粒子の、表面電荷密度の差の絶対値が、 $5 \mu C/m^2 \sim 150 \mu C/m^2$ である請求

項 19 または 20 に記載の画像表示装置の製造方法。

22. 粒子が、その表面と 1mm の間隔をもって配置されたコロナ放電器に、8KV の電圧を印加してコロナ放電を発生させて表面を帯電させた場合に、0.3 秒後における表面電位の最大値が 300V より大きい粒子である請求項 19～21 のいずれか 1 項に記載の画像表示装置の製造方法。

23. 粒子群の色が白色及び黒色である請求項 19～22 のいずれか 1 項に記載の画像表示装置の製造方法。

24. 請求項 19～23 のいずれか 1 項に記載の画像表示装置の製造方法により製造したことを特徴とする画像表示装置。

25. 少なくとも一方が透明な対向する 2 枚の基板間に、気体中に固体状物質が分散質として安定に浮遊するエアロゾル状態で高流動性を示す粉流体を封入し、粉流体を移動させる画像表示装置であって、画像表示の回路へ印加する信号を送る部材を異方性導電フィルムにより基板に装着してなることを特徴とする画像表示装置。

26. 異方性導電フィルムが熱硬化性接着剤または光硬化性接着剤中に導電性粒子を分散してなるものである請求項 25 に記載の画像表示装置。

27. 熱硬化性接着剤または光硬化性接着剤中に分散する導電性粒子の径が 0.1～20 $\mu$ m である請求項 26 に記載の画像表示装置。

28. 熱硬化性接着剤または光硬化性接着剤がグリシジル基、アクリル基およびメタクリル基のいずれかを持つ化合物を 1 種類以上含むものである請求項 26 または 27 に記載の画像表示装置。

29. 少なくとも一方が透明な対向する 2 枚の基板間に、気体中に固体状物質が分散質として安定に浮遊するエアロゾル状態で高流動性を示す粉流体を封入し、粉流体を移動させる画像表示板と、光学機能部材とを具備してなり、該画像表示板と光学機能部材とが透明弾性層を介して一体化されていることを特徴とする画像表示装置。



30. 透明弾性層の屈折率を $n_0$ とし、光学機能部材の屈折率を $n_1$ とし、更に画像表示板の透明基板の屈折率を $n_2$ とした場合、 $n_0$ と $n_1$ との差の絶対値および $n_0$ と $n_2$ の差の絶対値がそれぞれ0.2以下である請求項29に記載の画像表示装置。

31. 透明弾性層が、応力緩和特性の25℃における歪み( $\epsilon_0$ )を5%とし、応力緩和弾性率の初期値(0.05秒後)を $G_0$ とした場合、 $G_0$ が $6.5 \times 10^6$  Pa以下であり、応力緩和弾性率の減衰曲線から求められる応力緩和弾性率 $G$ と時間 $t$ (秒)の関係式、

$$\ln G(t) = -t/\tau + \ln G_0$$

によって算出される応力緩和時間 $\tau$ が17秒以下である請求項29または30に記載の画像表示装置。

32. 少なくとも一方が透明な対向する2枚の基板間に、気体中に固体状物質が分散質として安定に浮遊するエアロゾル状態で高流動性を示す粉流体を封入し、粉流体を移動させる画像表示装置であって、透明基板の表面に屈折率の異なる複数の層からなる反射防止層を設けることを特徴とする画像表示装置。

33. 反射防止層が、導電性炭化ケイ素をターゲットとして用いてスパッタリングにより形成された低屈折層と、導電性酸化チタンをターゲットとして用いてスパッタリングにより形成された高屈折層とが互いに積層されてなるものである請求項32に記載の画像表示装置。

34. 反射防止層が380～780 nmの光の反射を防止し、光反射率が10%以下である請求項32または33に記載の画像表示装置。

35. 少なくとも一方が透明な対向する2枚の基板間に、気体中に固体状物質が分散質として安定に浮遊するエアロゾル状態で高流動性を示す粉流体を封入し、前記基板の一方または双方に設けた電極からなる電極対から前記粉流体に電界を与えて、前記粉流体を移動させて画像を表示する画像表示板を具備する画像表示装置であって、画像表示板の2枚の基板を、熱硬化型の接着剤または光硬化型

の接着剤を用いて接続することを特徴とする画像表示装置。

36. 前記熱硬化型の接着剤または光硬化型の接着剤が、グリシジル基、アクリル基、メタクリル基を持つ化合物を1種類以上含む請求項35記載の画像表示装置。

37. 少なくとも一方が透明な対向する2枚の基板間に、気体中に固体状物質が分散質として安定に浮遊するエアロゾル状態で高流動性を示す粉流体を封入し、電位の異なる電極からなる電極対から前記粉流体に電界を与えて、前記粉流体を移動させて画像を表示する画像表示板を備える画像表示装置であって、隔壁により互いに隔離された1つ以上の画像表示素子を持つとともに、隔壁の形状が、対向基板側の底部幅 $w_b$ が透明基板側の頭部幅 $w_t$ より大きいことを特徴とする画像表示装置。

38. 前記対向基板側の底部幅 $w_b$ と透明基板側の頭部幅 $w_t$ との比 $w_t/w_b$ が0.5以下である請求項37記載の画像表示装置。

39. 粉流体の最大浮遊時の見かけ体積が未浮遊時の2倍以上である請求項25～38のいずれか1項に記載の画像表示装置。

40. 粉流体の見かけ体積の時間変化が次式を満たすものである請求項25～39のいずれか1項に記載の画像表示装置。

$$V_{10}/V_5 > 0.8$$

なお、 $V_5$ は最大浮遊時から5分後の粉流体の見かけ体積( $\text{cm}^3$ )、 $V_{10}$ は最大浮遊時から10分後の粉流体の見かけ体積( $\text{cm}^3$ )を示す。

41. 粉流体の平均粒子径 $d$ (0.5)が $0.1 \sim 20 \mu\text{m}$ である請求項25～40のいずれか1項に記載の画像表示装置。

42. 少なくとも一方が透明な対向する2枚の基板間に、気体中に固体状物質が分散質として安定に浮遊するエアロゾル状態で高流動性を示す粉流体を封入し、電位の異なる電極からなる電極対から前記粉流体に電界を与えて、前記粉流体を移動させて画像を表示する、隔壁により互いに隔離された1つ以上の画像表示

素子を持つ画像表示板を備える画像表示装置の製造方法であって、前記透明基板及び対向基板の一方または両方に隔壁を形成し、隔壁の先端に接着剤を設け、隔壁と他方の基板または隔壁同士を接着剤を介して接合したことを特徴とする画像表示装置の製造方法。

4 3. 粉流体の最大浮遊時の見かけ体積が未浮遊時の2倍以上である請求項4 2に記載の画像表示装置。

4 4. 粉流体の見かけ体積の時間変化が次式を満たすものである請求項4 2または4 3に記載の画像表示装置。

$$V_{10}/V_5 > 0.8$$

なお、 $V_5$ は最大浮遊時から5分後の粉流体の見かけ体積 ( $\text{cm}^3$ )、 $V_{10}$ は最大浮遊時から10分後の粉流体の見かけ体積 ( $\text{cm}^3$ ) を示す。

4 5. 粉流体を構成する粒子物質の平均粒子径  $d$  ( $0.5$ ) が  $0.1 \sim 20 \mu\text{m}$  である請求項4 2～4 4のいずれか1項に記載の画像表示装置。

4 6. 請求項4 2～4 5のいずれか1項に記載の画像表示装置の製造方法により製造したことを特徴とする画像表示装置。

FIG. 1

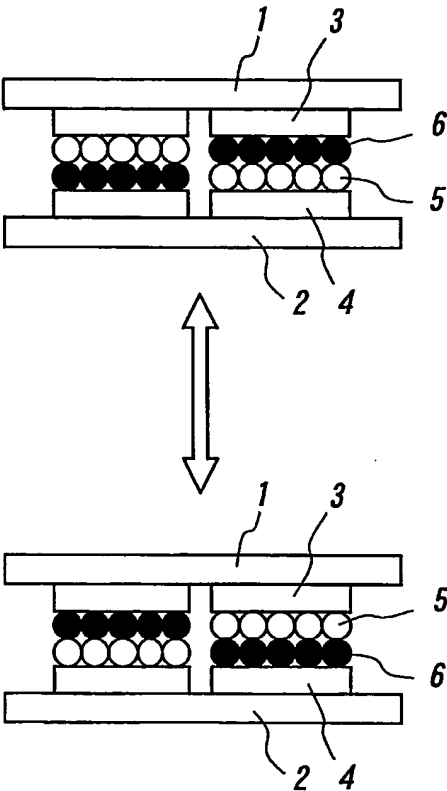


FIG. 2

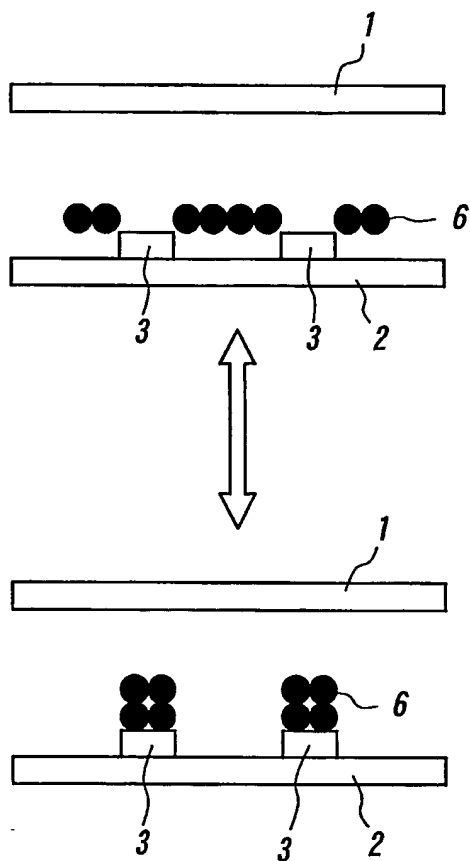
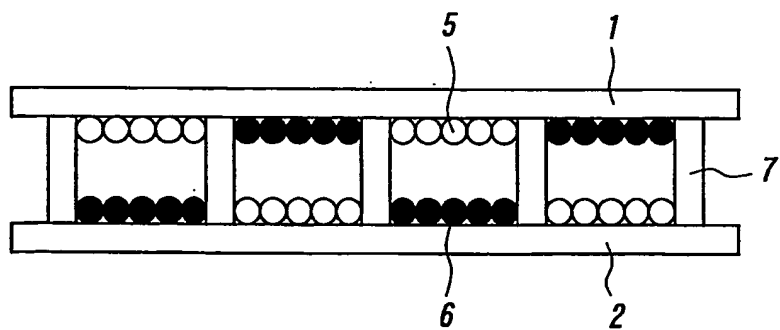
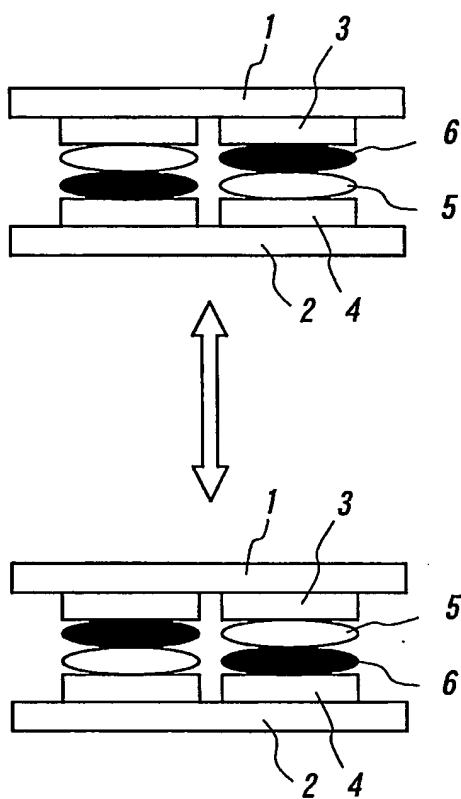


FIG. 3



**FIG. 4**

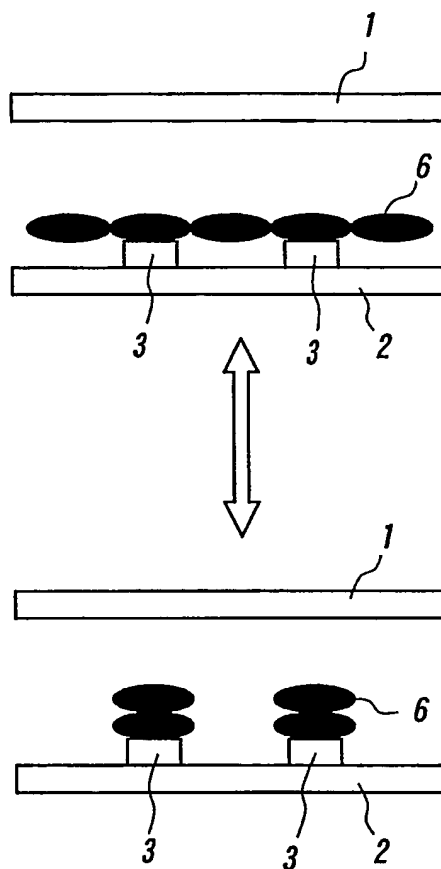
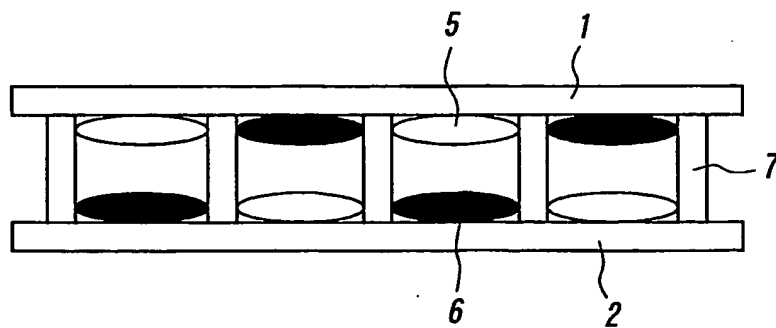
**FIG. 5****FIG. 6**

FIG. 7

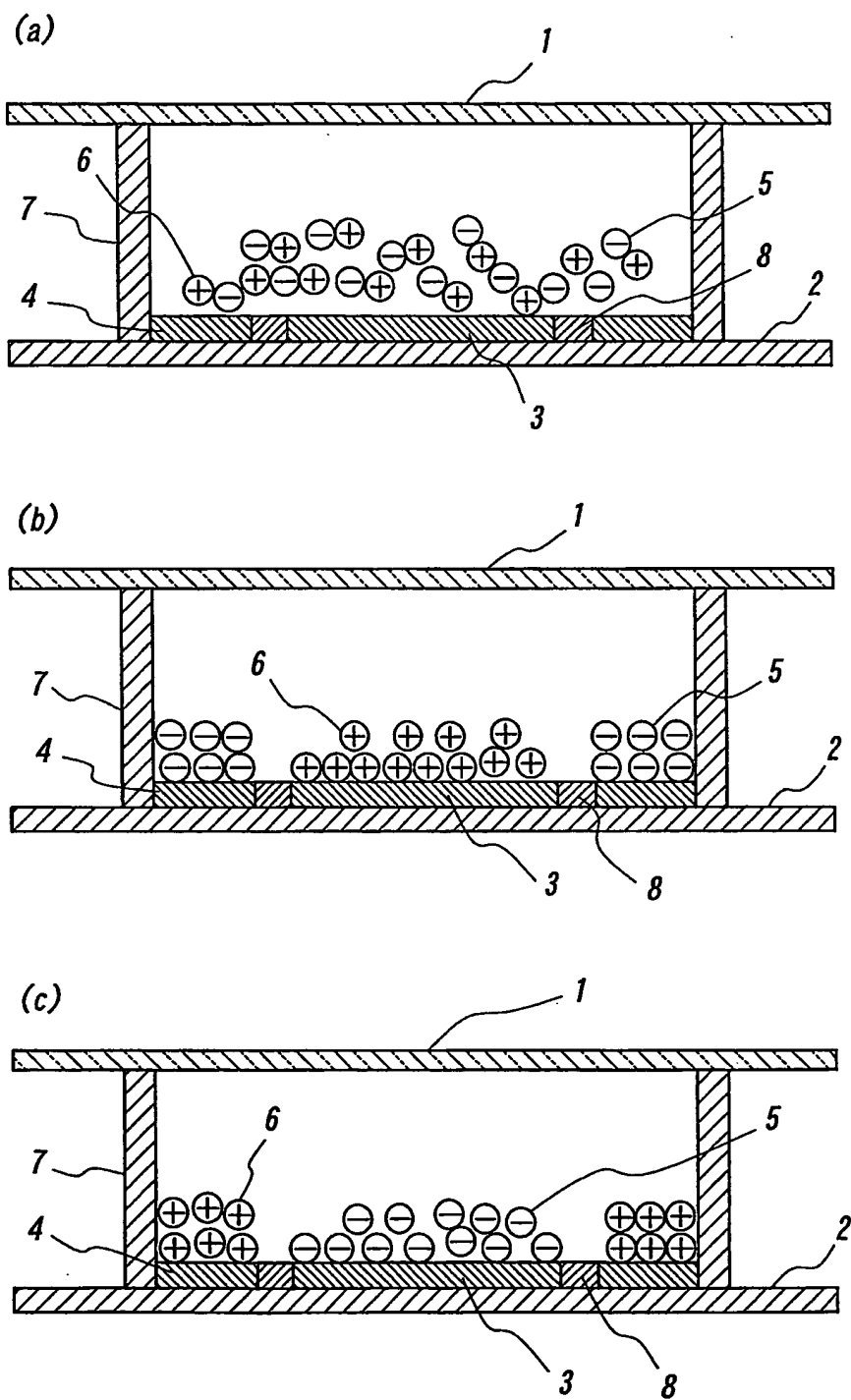




FIG. 8

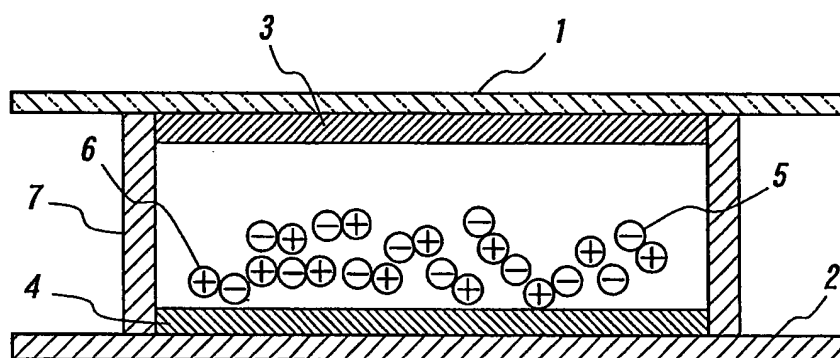
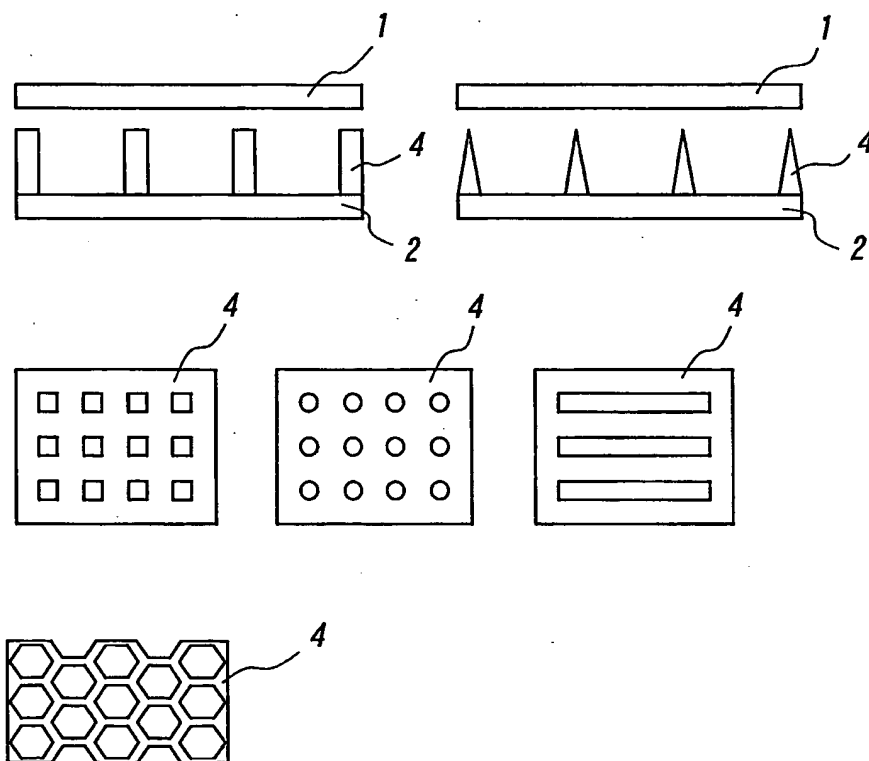


FIG. 9



*FIG. 10*

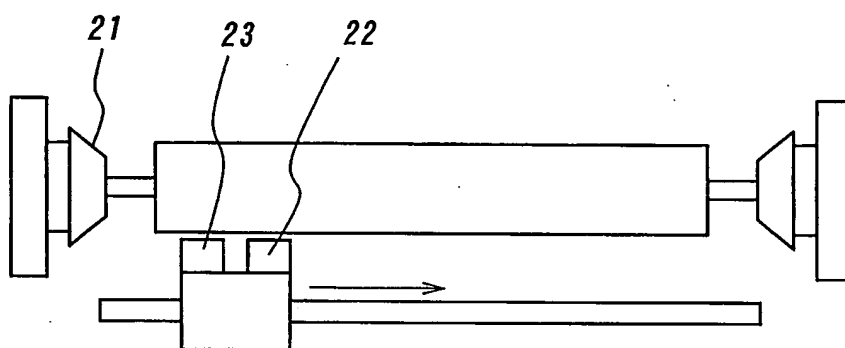


FIG. 11

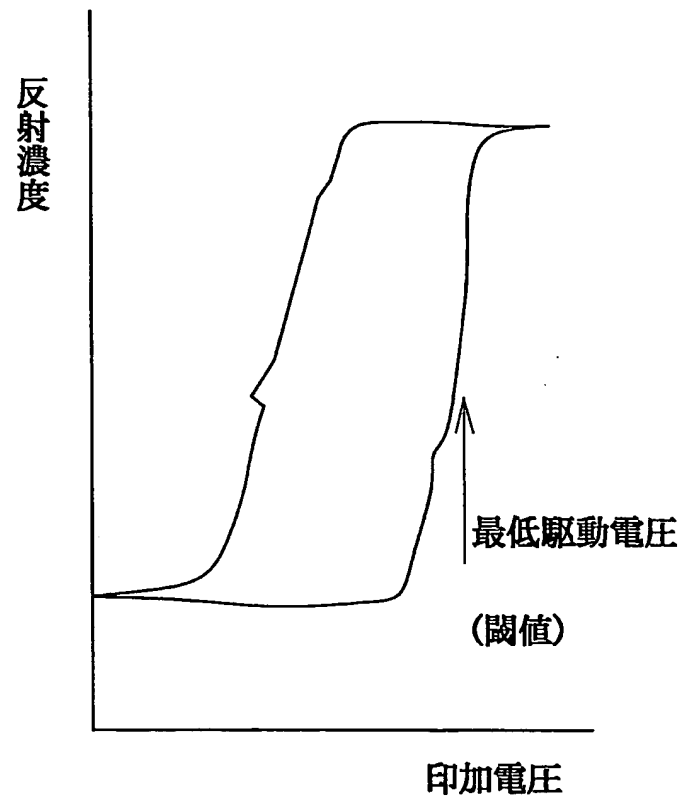


FIG. 12

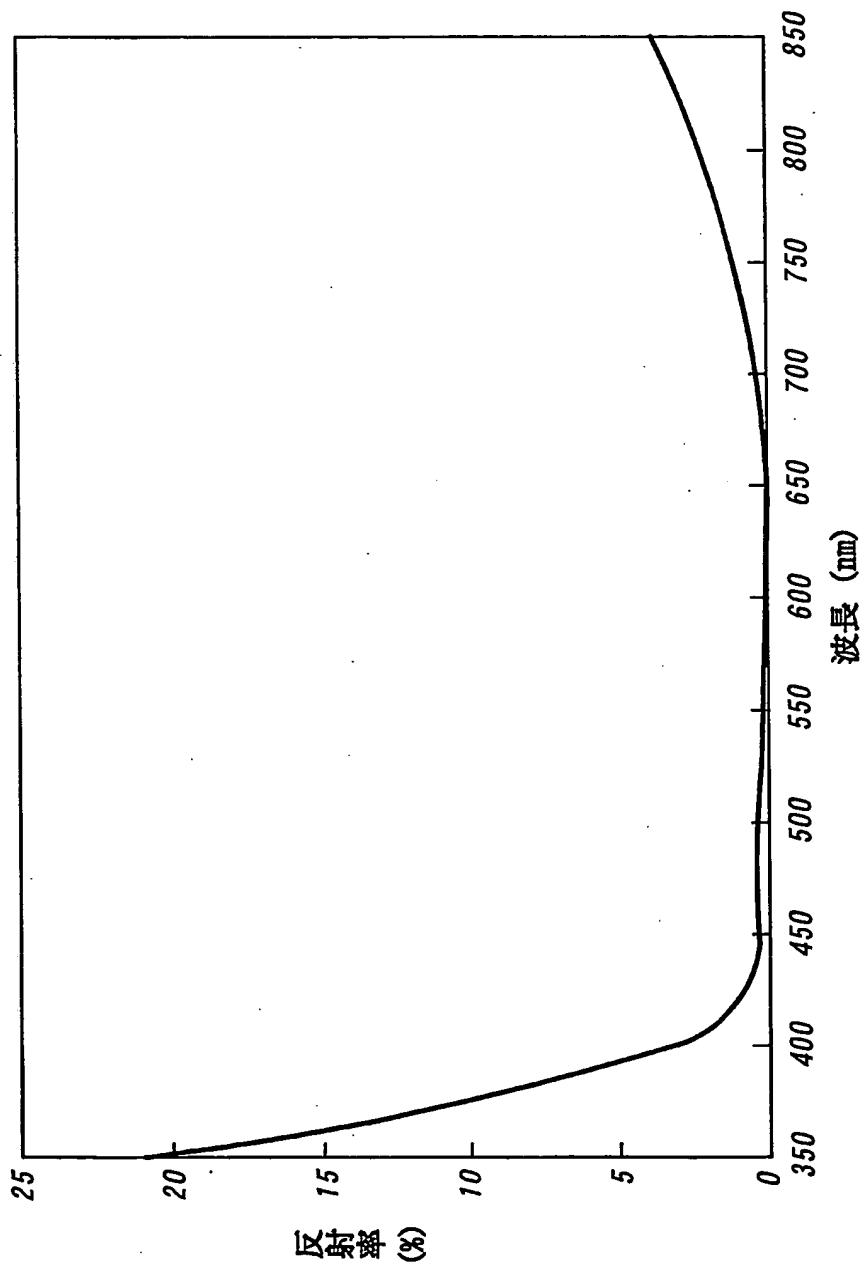
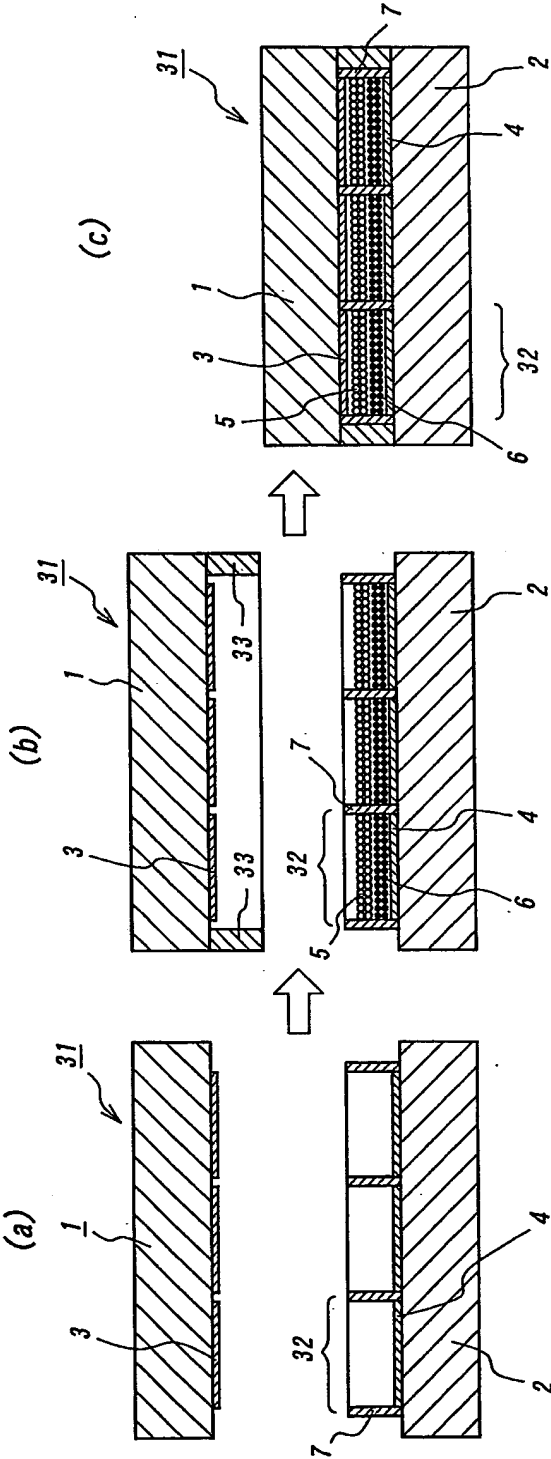
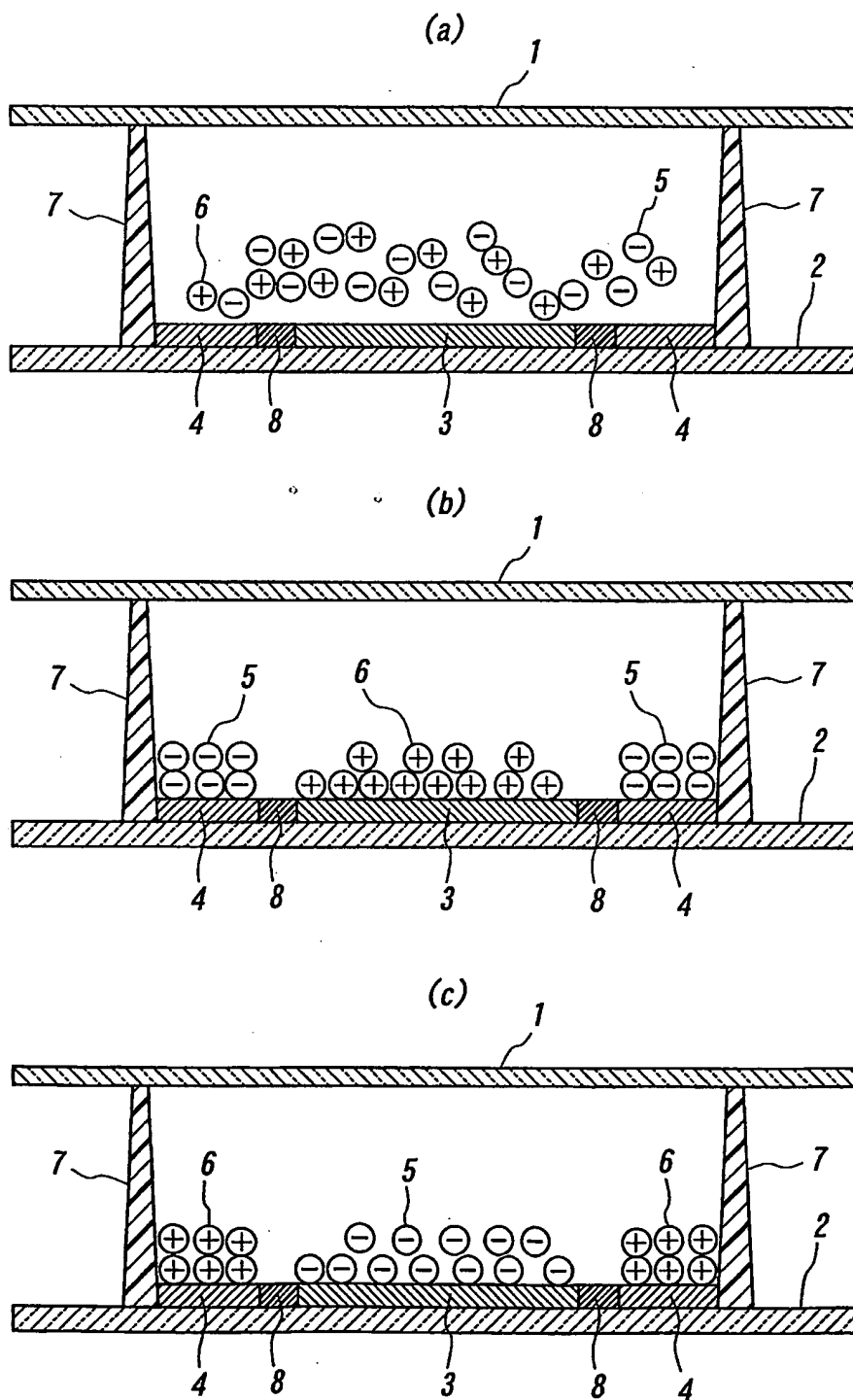


FIG. 13



**FIG. 14**

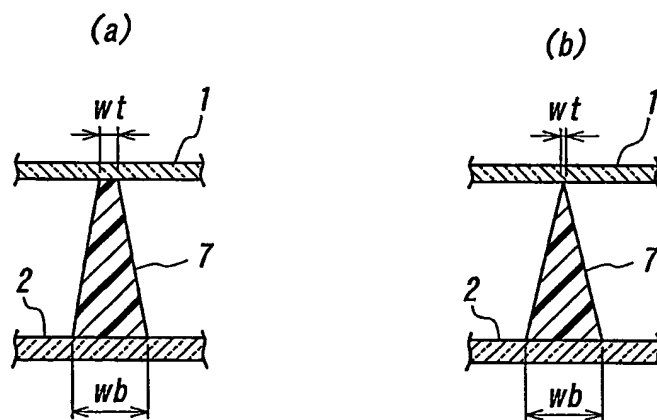
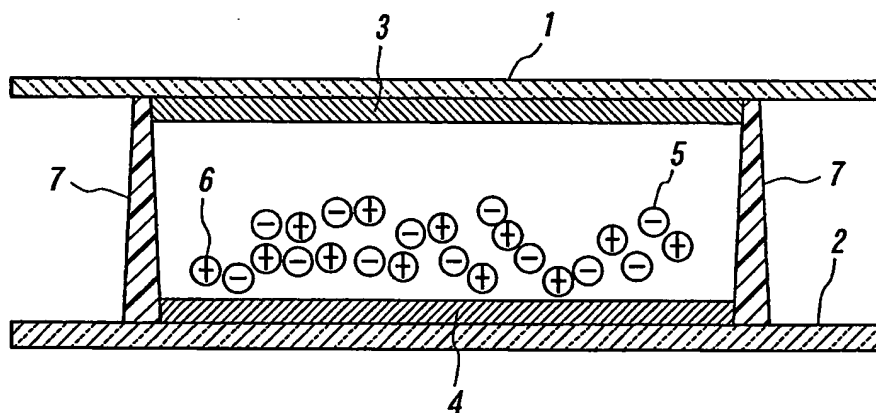
**FIG. 15****FIG. 16**



FIG. 17

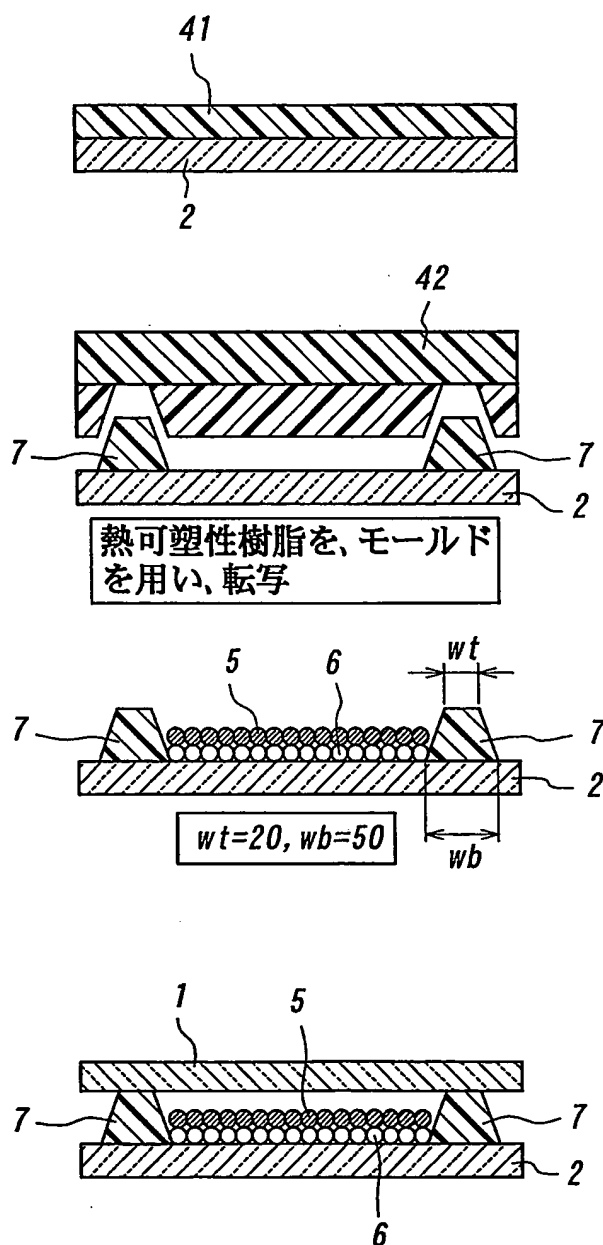


FIG. 18

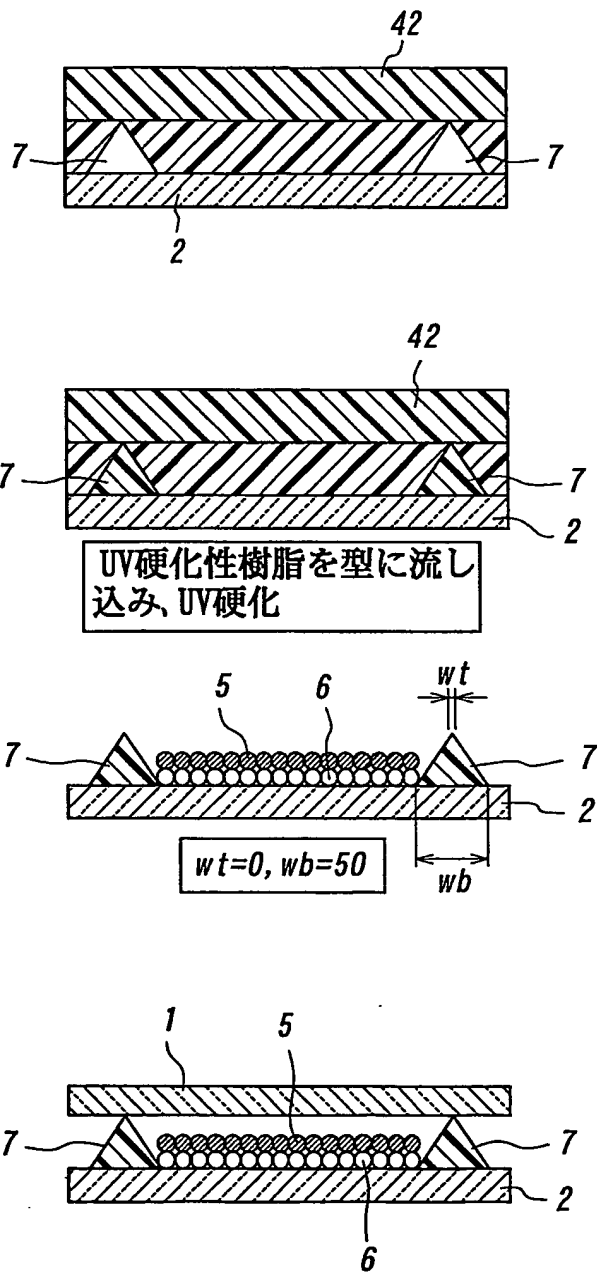


FIG. 19

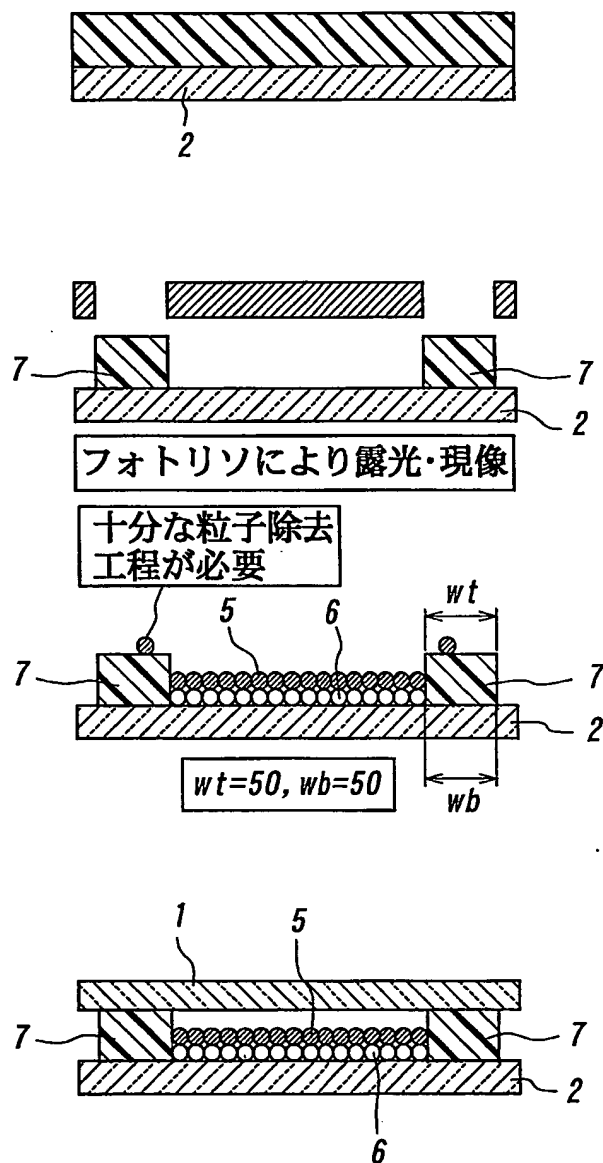


FIG. 20

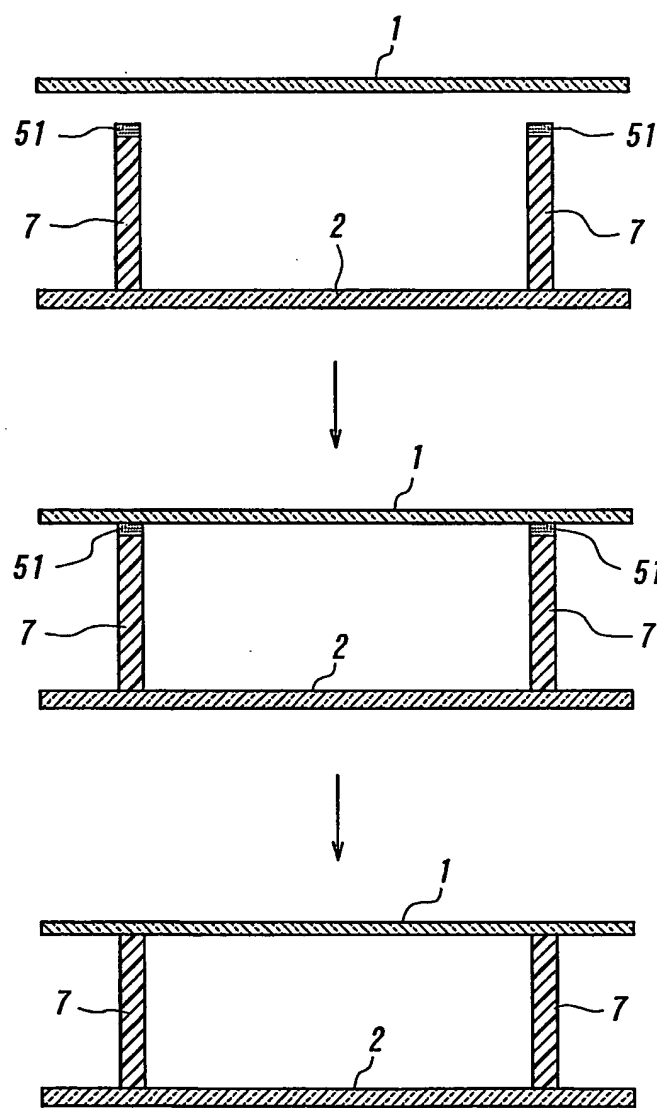


FIG. 21

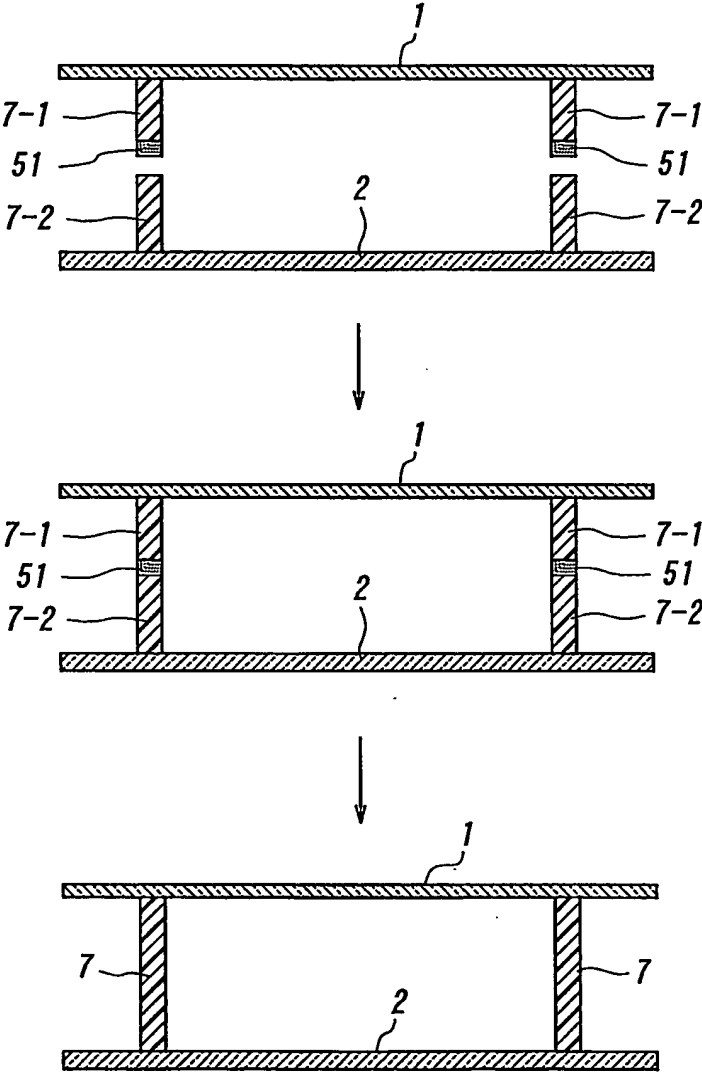
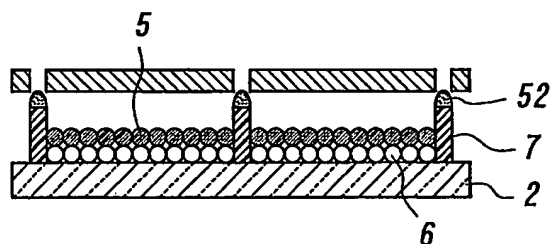
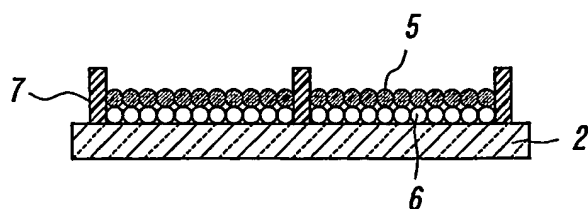
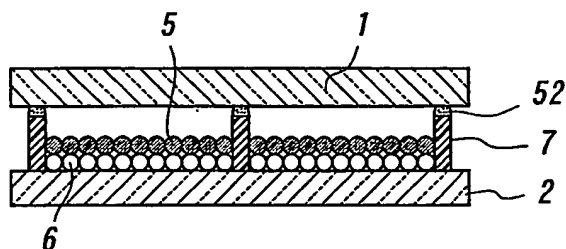


FIG. 22



スクリーン印刷により隔壁  
上に接着剤を印刷



上パネルを貼りあわせ、  
加熱加圧

FIG. 23

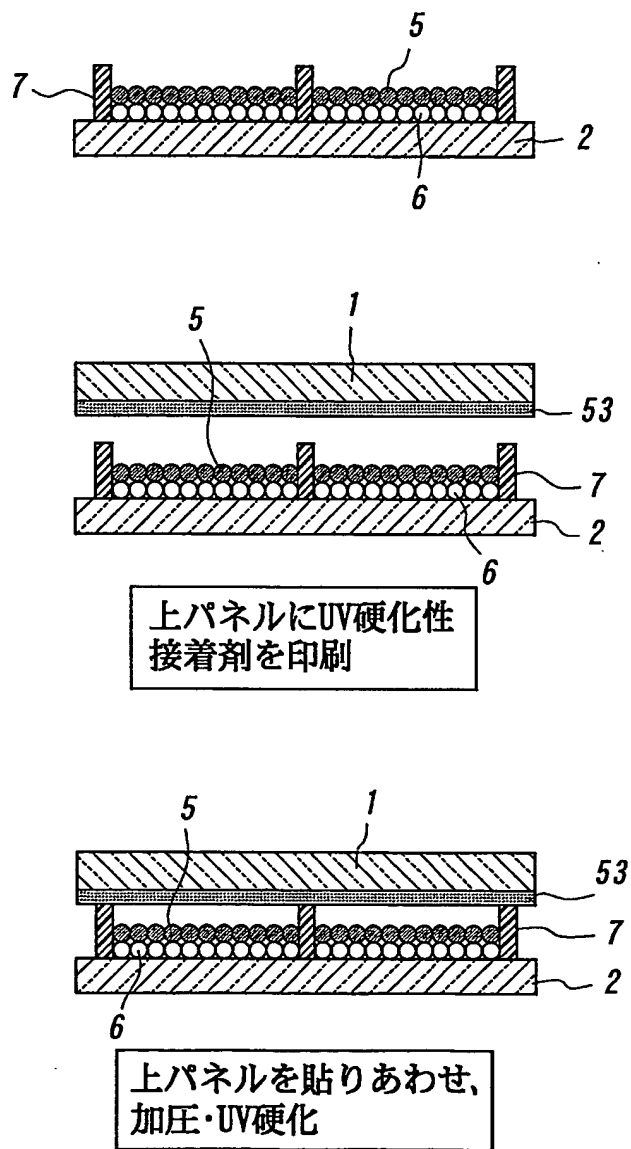
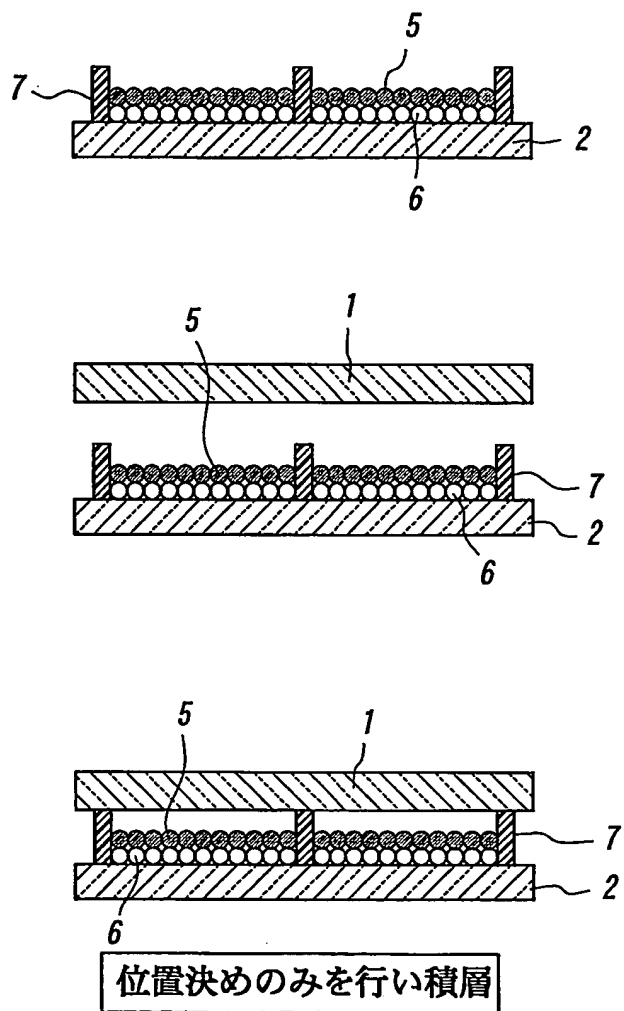


FIG. 24





# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/07892

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
Int.Cl<sup>7</sup> G02F1/167, G02F1/17

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl<sup>7</sup> G02F1/167, G02F1/17

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2002-14654 A (Fuji Xerox Co., Ltd.), 18 January, 2002 (18.01.02), Full text (Family: none)	1, 16 2-4 17-18
Y	JP 2001-164207 A (Bridgestone Corp.), 19 June, 2001 (19.06.01), Par. Nos. [0021], [0034] (Family: none)	2-4

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:  
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
"E" earlier document but published on or after the international filing date  
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art  
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
30 September, 2003 (30.09.03)

Date of mailing of the international search report  
14 October, 2003 (14.10.03)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/JP03/07892

## Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The technical feature common to claims 1-46 is "an image display in which at least one kind of particles is sealed in the space between two opposed substrate at least one of which is transparent and the particles are moved by applying an electric field to the particles so as to display an image". However, the international search has revealed that this is not novel since it is disclosed in document JP 2002-14654 A (Fuji Xerox Co., Ltd.), 18 January, 2002 (18.01.02).

The common technical feature of claims 2-4, 16-18, the common technical feature of claims 5-7, the common technical feature of claims 8-10, the common technique feature of claims 11-15, (Continued to extra sheet.)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.: 1-4, 16-18

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.  
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/07892

## Continuation of Box No. II of continuation of first sheet (1)

the common technical feature of claims 19-24, and common the technical feature of claims 25-46 are different from one another. Therefore, no technical relationship within the meaning of PCT Rule 13 can be seen. Consequently, claims 1-46 do not satisfy the requirement of unity of invention.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G02F1/167, G02F1/17

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G02F1/167, G02F1/17

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公案 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y A	JP 2002-14654 A(富士ゼロックス株式会社)2002.01.18 全文 (ファミリーなし)	1,16 2-4 17-18
Y	JP 2001-164207 A (株式会社ブリヂストン) 2001.06.19 第【0021】、【0034】段落 (ファミリーなし)	2-4

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

30.09.03

国際調査報告の発送日

14.10.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

植田 高盛



2X 2912

電話番号 03-3581-1101 内線 3293

## 第Ⅰ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT 17条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

## 第Ⅱ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1ないし46に共通の事項は、「少なくとも一方が透明な対向する2枚の基板間に、1種類以上の粒子群を封入し、該粒子群に電界を与えて粒子を移動させ画像を表示する画像表示装置」である。しかし、調査の結果、この事項はJP 2002-14654 A(富士ゼロックス株式会社)2002.01.18に開示されているから、新規でないことが明らかとなった。

請求の範囲2-4、16-18と、請求の範囲5-7と、請求の範囲8-10と、請求の範囲11-15と、請求の範囲19-24と、請求の範囲25-46とは、共通の特別な技術的事項が相違し、PCT規則13における技術的な関連を見いだすことはできない。したがって、請求の範囲1-46は単一性の要件を満たさないことは明らかである。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

請求の範囲1-4, 16-18

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。  
☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。